Ag84Ah
copy 2
#16
Venezuela

MINISTERIO DE AGRICULTURA
Y CRIA

•

MANUAL DE LEVANTAMIENTO DE SUELOS

•

Traducción del
Soil Survey
Manual U. S.
Dept. Agriculture

•

CARACAS
1965

MANUAL DE LEVANTAMIENTO DE SUELO

TRADUCCION DEL LIBRO "SOIL SURVEY MANUAL", U. S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE HANDBOOK Nº 18, POR EL ING° AGR° JUAN B. CASTILLO, Y REVISION HECHA POR TECNICOS DE LA SECCION DE CONSERVACION DE SUELOS Y AGUAS DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA Y CRIA

REPUBLICA DE VENEZUELA
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y CRIA
DIRECCION DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
DIVISION DE PROTECCION Y PARQUES NACIONALES
SECCION DE CONSERVACION DE SUELOS
CARACAS 1965

RECONOCIMIENTO

El Ministerio de Agricultura y Cría, hace público reconocimiento al Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América, por la valiosa oportunidad que representó traducir el original en inglés de tan importante libro, que estamos seguros ha de servir a un mejor conocimiento de esta materia no sólo en este país si no en el resto de Latinoamérica.

CONTENIDO

Introducción 5
Suelo y Paisaje 9
Indole de los Mapas e Informes de Suelos 21
Propósito de los Mapas e Informes de Suelos 37
Preparativos necesarios para el trabajo del campo 63
Representación y Procesamiento de la Información de campo 98
Examen y descripción de los suelos en el campo 169
El material originario de los suelos 197
Forma del terreno, relieve y drenaje 209
Identificación y nomenclatura de los horizontes del suelo 233
El color del suelo 253
Textura del suelo, fragmentos gruesos, pedregosidad y presencia de rocas 271
La estructura del suelo 297
Consistencia del suelo 305
La reacción del suelo 311
Formación especiales en los perfiles del suelo 317
Materia orgánica y raíces 325
Erosión acelerada del suelo 333
Vegetación 359
Uso de la tierra 363
Unidades para la clasificación y cartografía de suelos 367
La Leyenda para levantamiento de suelos 413
Levantamiento de las Líneas de suelos en el campo 423
Toma y examen de muestras de suelo 431
Estimación y cartografía de sales y Alcali en el suelo 447
Pronósticos de Producción y Prácticas de Manejo de Suelos 481
Correlación de los suelos e inspección de los levantamientos 519
Agrupamiento de suelos en el mapa 527
El Informe del Levantamiento de Suelos 533
Cartografía de Reconocimientos de Suelos 569
Bibliografía General 579
Bibliografía especial de levantamiento de suelos 583
Apéndice I - Preparación de Mapas con la Plancheta 589
Apéndice II - Preparación de Mapas con la Brújula 589
Apéndice III - Notas sobre compilación y reproducción de mapas 591
Apéndice IV - Descripciones muestra de series de suelos 601
Apéndice V - Guía para Escala de Mapas 630
Indice Alfabético 633

INTRODUCCION

Este Manual de Levantamiento de Suelos está destinado al uso de los edafólogos que trabajan en cartografía y clasificación de suelos. En él se ha prestado atención principal a los problemas y métodos que se emplean en la realización e interpretación de los estudios detallados básicos de suelos que se realizan en los Estados Unidos y sus territorios.

La edición anterior (1), publicada en el otoño de 1937, reflejó el creciente desarrollo de ideas, trabajos y publicaciones de las centenas de científicos que se han dedicado al estudio del suelo desde la iniciación en los Estados Unidos del Norte en 1899 del Levantamiento de Suelos. De 1937 a esta fecha, se ha logrado un progreso sustancial, tanto en lo relativo a los estudios en sí como en los campos relacionados de la investigación de suelos. Es más, los levantamientos de suelos son usados en la actualidad por más personas, para más fines y, sobre todo, con más precisión que antes.

El aumento en el uso de los mapas de suelos y sus interpretaciones los ha sometido a una mayor prueba, tanto científica como práctica. Han aparecido insuficiencias que han requerido corrección. Es necesario incorporar continuamente nuevos conocimientos acerca de los suelos, tanto en la clasificación como en las intepretaciones. Nuevos métodos de investigación y nuevos métodos cartográficos deben valorarse, adaptarse y usarse en cuanto ellos sean apropiados para mejorar los levantamientos de suelos y reducir sus costos.

Casi toda la edición anterior a este **Manual** ha tenido que ser revisada, y aunque en algunas partes pareciera que la revisión es drástica, en realidad son pocos los cambios totales; la mayoría de ellos son modificaciones y elaboraciones hechas para alcanzar la especificidad y terminación necesarias para que los resultados finales sean más cuantitativos y útiles. Por ejemplo, casi todos los

---

(1) Soil Survey Mnual. U. S. Dep. Agr. Misc. Publ. 274, 136 pp., ilus 1937.

mapas de suelos son hechos ahora sobre fotografías aéreas, de modo que la discusión de los viejos métodos cartográficos ha sido condensada en apéndices.

Se han agregado algunos términos nuevos y un gran número de ellos ha sido redefinidos, teniendo como objetivo una mayor exactitud; este proceso de redefinción deberá continuarse mientras exista la investigación sobre suelos. El descubrimiento de nuevas relaciones y la formulación de nuevos conceptos requieren expansión del lenguaje.

Muchos de los términos técnicos usados en la ciencia del suelo son palabras comunes, tomadas del lenguaje corriente, a las cuales se ha dado un significado preciso y algunas veces no usual. Una gran parte de ellos se ha originado como expresiones populares utilizadas por los campesinos. Palabras como "franco", "textura", "estructura", "pesado", "liviano", "perfil", "horizonte" y aún "suelo" pueden tener para el lego, en contacto con el vocabulario de la Ciencia del Suelo, una falsa apariencia de un significado de uso popular. Palabras técnicas similares han surgido en la misma forma en otros idiomas, a menudo con ligeras diferencias de significado, no reveladas en el léxico ordinario. El significado de palabras forjadas, como por ejemplo "Litosol" e "iluviación" o de aquellas tomadas totalmente de otros lenguajes, como "gley" o "chernozem", una vez que se aprende, no son tan fácilmente confundido con otros, como sucede con las palabras comunes que se vuelven a definir.

Aún cuando es más fácil definir las palabras forjadas recientemente que redefinir las viejas, el uso de las primeras en mapas de suelos y en informes que se destinan a uso del lector corriente, es limitado. Para expresar ciertos conceptos nuevos, el escritor no tiene otra alternativa sino el uso de términos técnicos, los cuales debe definir para el lector corriente. Comúnmente, sin embargo, y en lo posible, deben usarse en los informes de levantamientos de suelos las palabras viejas, de uso general, con el fin de capitalizar la compresión del lector, pero en el lenguaje científico mismo, deben usarse términos específicos para lograr definiciones exactas. Por lo tanto no podemos escapar a cierta dosis de "lenguaje doble".

Necesidad de definiciones exactas.—En la revisión de este **Manual** se ha hecho un esfuerzo especial para definir términos y para usarlos lo más específicamente posible. Desde que apareció la primera edición, se ha logrado mucho progreso hacia la uniformidad de la terminología usada por los edafólogos, a pesar de lo cual se necesitan aún mejores definiciones en inglés, y especialmente mejores traduciones entre los diversos idiomas. En algunos casos ha sido necesaria en el **Manual** la elección casi arbitraria entre dos alternativas.

No se ha incluido un glosario aparte debido a que ello conduce a mucha duplicidad y porque muchas definiciones son más claras cuando se usan junto con el texto explicativo. En donde las definiciones pudieran llevar a exposiciones muy largas de carácter altamente técnico, más bien se hacen aclaraciones. Los números que en el índice aparecen en tipo sobresaliente se refieren a las páginas en que aparecen las difiniciones y explicaciones de los términos.

Las relaciones del levantamiento de suelos con otras investigaciones se han profundizado y ampliado conforme han aumentado sus usos e interpretaciones. A pesar de que este **Manual** debería ser suficientemente amplio en sus alcances para conducir hasta las más importantes de estas relaciones, no las puede desarrollar en detalle. Aún el campo de la clasificación de suelos que va más allá de las categorías inferiores, cae en su mayor parte fuera de sus alcances. En el curso del texto se dan unas pocas referencias que pueden ser útiles para discusiones más completas y cerca del final del libro se sugiere una biblioteca de consulta.

Desde que se preparó la primera edición (de 1935 a 1936) todas las fases del trabajo han estado bajo estudio del personal del "Levantamiento de Suelos". Después de mucho estudio y revisión intensiva, se procedió a mimeografiar copias de nuevos puntos de vista acerca de muchos temas individuales que se tratan en el **Manual.** Estas fueron puestas en circulación tanto para guía en la realización de levantamientos de suelos como para críticas y sugestiones. Debido a que en los Estados Unidos todos los levantamientos de suelos básicos son realizados en forma cooperativa con los Colegios de Agricultura y las Universidades, varios de los científicos de esas instituciones han ayudado mucho criticando puntos de vista sobre temas individuales, así como el borrador de esta edición del Manual. Además hemos tenido mucha cooperación informal de instituciones de investigación de varios países extranjeros. Científicos de esos países nos han beneficiado con sus valiosas experiencias y juicios. Varios de ellos leyeron todo el manuscrito o parte de él e hicieron sugestiones de gran valor para su mejoramiento.

Conforme se avanza en experiencia y conocimientos,es de esperar que vengan otras modificaciones, especialmente relativas a clasificación y nomenclatura. Algunos cambios de perspectiva están bajo estudio y se les menciona aquí y allá en el curso del texto.

Los autores han recibido una gran ayuda a través de las críticas y comentarios de los lectores de la primera edición del **Manual,** que se publicó en 1937. Esperamos se nos llame la atención acerca de errores y omisiones que noten en esta edición revisada, de modo que las próximas puedan ser mejoradas.

Arreglo de los Temas.—Hemos asumido que la mayoría de los lectores del **Manual** tienen un entrenamiento equivalente al de un graduado universitario, con un curriculum en edafología como el

que oficialmente recomienda la Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo (2). Se supone que muchos lectores necesitarán leer paralelamente trabajos relativos a clasificación de suelos, edafología general, geología, interpretación de fotografías aéreas, geografía, economía, y agricultura general.

Los autores han asumido también que los jefes de levantamientos de suelos, así como los que quieran prepararse para tal responsabilidad, desearán estudiar todas las partes del **Manual.** Por lo tanto los temas se han dispuesto a grandes rasgos, en el orden en que los problemas surgen al comenzar, conducir y completar un levantamiento de suelos, aunque desde luego, un jefe de levantamiento debe tener, para comenzar, una noción de todos los aspectos, ya que las varias fases del trabajo están íntimamente relacionadas entre sí. Aquellos que no estén interesados en la tarea completa pueden encontrar en este **Manual** una referencia útil para temas particulares, los cuales pueden localizarse por medio del Indice del Contenido o del Indice Alfabético.

---

(2) (Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 6: 507. 1941).

SUELO Y PAISAJE

En primer lugar revisaremos brevemente los conceptos básicos y los principios del método científico sobre los cuales se ha basado este **Manual.** Ellos han sido formulados únicamente después de muchos años de tanteos.

Cuando hace más de 50 años se inició en los Estados Unidos el Levantamiento de Suelos, no existía el cuerpo organizado de conocimientos que hemos llegado a conocer como ciencia del suelo. Es obvio que gran cantidad de agricultores han aprendido mucho a través de los siglos y algunos de sus conocimientos habían sido ya reunidos en varias compilaciones, algunas de las cuales datan de los tiempos romanos. Con el desarrollo de la química agrícola durante el siglo diecinueve, se aprendió más acerca de los suelos, lo cual fue aprovechable, sin embargo, no fue sino hasta poco tiempo antes de finalizar el siglo que se llegó a coordinar el conocimiento ganado por los agricultores acerca de los suelos y el obtenido por la química agrícola, la biología y la geología. Hasta entonces ello había sido imposible porque se carecía de un concepto unificado del suelo en sí.

Los primeros conceptos.—Con muy pocas excepciones, tales como las ideas de Hilgard (1), las nociones de suelos mantenidas por

---

(1) Los edafólogos de hoy no pueden sino sorprenderse de la indiferencia general acerca del trabajo importante y pionero de E. W. Hilgard, primero en Mississippi (GEOLOGY AND AGRICULTURE OF THE STATE OF MISSIPPI. 391 pp., Jackson, Miss. 1860; luego en la Faja Algodonera en conjunto (A REPORT ON COTTON PRODUCTION IN THE UNITED STATES; ALSO EMBRACING AGRICULTURAL AND PHYSIO-GEOGRAPHICAL DESCRIPTIONS OF THE SEVERAL COTTON STATES AND CALIFORNIA, en los volúmenes 5 y 6 del 10º Censo de los Estados Unidos. Washington. 1884); y finalmente en California (SOILS; THEIR FORMATION, PROPERTIES, COMPOSITION, AND RELATION TO CLIMATE AND PLANT GROWTH IN THE HUMI DAND ARID REGIONS.593 pp., ilus. New York y Londres. 1906).

los trabajadores de suelos cuando se inició el Levantamiento de Suelos, se basan sobre conceptos derivados principalmente de las ideas del gran químico alemán Liebig, modificadas y perfeccionadas por químicos agrícolas y fisiólogos vegetales, quienes trabajaron con muestras de suelo en el laboratorio e invernaderos y en pequeños lotes de terreno en el campo. Muy raramente se examinaban los suelos más abajo de la capa trabajada en el curso regular de la labranza. La concepción del caracter del suelo o teoría del trabajo fué concebida más o menos inconcientemente y puede resumirse brevemente como la teoría de la 'hoja-balance" de la nutrición vegetal o como la idea de que "el suelo es como un banco". Se consideraba a los suelos como almacenes más o menos estáticos de nutrientes vegetales que podían ser usados por las plantas, pero los cuales debían reabastecerse conforme fueran usados. Es indudable que las cantidades de nutrientes removidos del suelo por las cosechas y las devueltas en las estercoladuras y aplicacionees de cal y fertilizantes, son importantes para la comprensión de la productividad del suelo, pero se necesita mucho más para lograr entender los suelos y sus requerimientos de manejo. De hecho, esta teoría de la simple hoja- balance, tiene poco valor para pronósticos de rendimiento (2).

Los geólogos antiguos generalmente aceptaron esta noción de la fertilidad y simplemente llenaron el depósito, que en su concepto era el suelo, con rocas pulverizadas de varias clases: granito arenisca, till calcareo y similares. Aún fueron más lejos, sin embargo, y señalaron cómo los procesos de meteorización habían modificado estos materiales y como los procesos gelógicos de formación del paisaje los habían utilizado en la construcción de las formas terrestres, tales como morrenas glaciales, llanuras aluviales, mantos de loess y terrazas marinas. La monografía de Shaler acerca del origen de la naturaleza de los suelos (3) fué lo más lejos posible con el concepto geológico de los suelos; sin embargo en el tratado de Merrill (4) se agregan muchos detalles.

El Profesor Milton Whitney y sus colaboradores en la nueva unidad de investigación del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, establecida hacia el final del siglo diecinueve, se impresionaron con las grandes variaciones existentes entre los suelos naturales. Estas variaciones eran persistentes y en ninguna forma se debían a los efectos del uso agrícola. Se daba especial énfasis a la textura del suelo y a su capacidad para suministrar a las plantas

---

(2) Véase CHARLES E. KELLOGG, CONFLICTING DOCTRINES ABOUT SOILS. Sci. Monthly 66: 475 1948.

(3) Shaler, N. S. THE ORIGIN AND NATURE OF SOILS U.S. Geol Survey An Rpt. 12: 213-345. ilus 1891.

(4) Merril, G.P. A. TREATISE OF ROCK WEATHERING AND SOILS. Nueva ed., 441 pp., ilus. New York y Londres. 1906.

humedad y nutrientes. El profesor F. H. King, de la Universidad de Wisconsin también hacía hincapié en las características físicas del suelo (5).

El Levantamiento de suelos se inició como respuesta a la necesidad reconocida de ayudar a los agricultores a ubicarse en suelos que respondieran al manejo y para ayudarlos a decidir qué cosechas y qué prácticas de manejo eran mejores para las clases particulares de suelo de sus fincas, una vez ubicados.

En los primeros levantamientos de suelos, los suelos eran concebidos como productos de la meteorización de formaciones geológicas reconocidas, definidos por la forma del paisaje y la composición litológica. Muchos de los primeros edafólogos del campo estaban entrenados en geología ya que únicamente los geólogos conocían los métodos de campo y el método cintífico de correlación apropiado a tal estudio.

Muy poco después de que se inició el trabajo de campo, se hizo patente que muchas características importantes del suelo no estaban relacionadas definidamente con las formas generales del terreno ni con el tipo de la roca. Se notó que suelos pobremente drenados tienen características diferentes que aquellos naturalmente bien drenados y que suelos en pendiente son diferentes a los planos. En "till" glacial, similar en general, desde Maine hasta Montana y hacia abajo hasta el Río Ohio, se desarrollaron en las diferentes zonas climáticas y bióticas suelos que contrastan marcadamente. A pesar de esto, el punto de vista geológico dominó por varios años el trabajo de campo, y en el laboratorio, la teoría de la hoja de balance de la nutrición vegetal. Aunque esto era enseñado así en muchas aulas de clase hasta muy avanzada la década del veinte, ninguna teoría resultaba en el campo adecuada como base para un pronóstico confiable, de utilidad para los agricultores. Como consecuencia de esto se desarrollaron toda clase de conceptos especiales, los cuales se desbarataron en contradicciones cuando se le aplicó a un área continental tan grande como los Estados Unidos.

Conforme esto sucedía, conceptos más amplios y útiles del suelo se iban desarrollando entre algunos de los edafólogos americanos, especialmente Hilgard. Los datos necesarios para formular estos conceptos más amplios vinieron en forma rápida del trabajo de campo del Levantamiento de Suelos durante la primera década de operaciones. Después de Hilgard, el avance mayor hacia un concepto más satisfactorio fue hecho por Coffey (6).

---

(5) Véase por ejemplo, KING, F. H. A. TEXTBOOK OF THE PHYSICS OF AGRICULTURE. Ed. 3, 604 pp. ilus. Madison, Wis. 1910.

(6) COFFFY, G. N. A STUDY OF THE SOILS OF THE UNITED STATES U.S. Dept. Agr. Bur. Soil Bul. 85, 114 pp. illus. 1912.

Los perfiles de suelos y el concepto de suelos individuales.— Mientras esto sucedía, y desde 1870, en la escuela rusa de suelos se venía desarrollando un nuevo concepto de suelos (7).

Los resultados de este trabajo fueron puestos al alcance de los norteamericanos a través de la publicación en alemán del gran libro de texto de Glinka, y especialmente a través de su traducción al inglés por C. F. Marbut (8). En el concepto ruso los suelos eran esencialmente concebidos como cuerpos naturales independientes, cada uno con una morfología única resultante de una combinación también única, de clima, materia viviente, materiales rocosos originarios, relieve y tiempo. La morfología de cada suelo, expresada en su perfil, reflejaría la acción combinada del conjunto particular de factores genéticos responsables de su desarrollo.

Este era un concepto revolucionario tan importante para la ciencia del suelo como la anatomía para la medicina. Con esta base el edafólogo no necesitaba depender totalmente de las deducciones hechas a partir de la naturaleza geológica de las rocas, el clima u otros factores ecológicos, considerados individual o colectivamente, sino que con ella podría ir directamente al suelo mismo y ver la expresión de todo ello integrada en su morfología.

Este concepto no sólo hizo posible sino necesario, considerar las características del suelo en forma colectiva, en términos de un cuerpo completo, naturalmente integrado y no en forma individual. En resumen, tal concepto hizo posible una ciencia del suelo.

---

(7) Véase las siguientes referencias: GEDROIZ, K. K. SOIL ABSORBING COMPLEX AND THE ABSORBED SOIL CATIONS AS A BASIS OF GENETIC SOIL CLASSIFICATION. (Trads. por S.S. Waksman). Nossov Agr. Expt. Sta. Paper 38,29 pp. Lenigrad. (En artículos sobre la reacción del suelo 1912-1925).
KELLOGG, CHARLES E. RUSSIAN CONTRIBUTIONS TO SOIL SCIENCE. Land Policy Rev. 9:9-14 1946.
NEUSTREV, S. S. GENESIS OF SOIL. Russ. Pedol. Invest. 3, Acad. Sci., 98 pp. Lenningrad. 1927.

(8) GLINKA, K. D. THE GREAT SOIL GROUPS OF THE WORLD ANT THEIR DEVELOPMENT. (Trad. del alemán por C. F. Marbut) 235 pp. Ann Arbor, Mich. 1917.

Con el entusiasmo inicial acerca del nuevo concepto y el desarrollo de la nueva disciplina que hizo posible la ciencia del suelo (9), algunos fueron tan lejos como para llegar a sugerir que las otras ciencias eran innecesarias para el estudio del suelo.

Es posible que muchas de estas declaraciones extremas fueran hechas para proclamar, en cierta forma, autonomía y liberación de los viejos conceptos geológicos y químico agrícolas, más bien que por una convicción premeditada. En realidad estaba sucediendo lo contrario a la enmancipación de otras ciencias, ya que al mismo tiempo que se echaban las bases de una nueva ciencia con principios propios, el nuevo concepto hacía las otras aún más útiles. En la morfología del suelo los edafólogos encontraron una base firme sobre la cual clasificar los resultados de la observación, experimentación y experiencia práctica y sobre la cual desarrollar principios de valor para pronósticos.

Bajo la dirección intelectual de C. F. Marbut (10), el nuevo concepto fué ampliado y adaptado. Como se explicó al principio, este concepto hacía hincapié en los perfiles individuales de los suelos, esto es, el suelo representado por puntos en el conjunto de una región,

---

(9) Aún hay confusión en la terminología. Una gran cantidad de la Edafología aplicada y aún de los conceptos básicos de la Edafología fundamental todavía se incluye como agronomía en varios de los colegios y universidades de los Estados Unidos. En parte para diferenciarla de la ciencia agrícola aplicada, otro gran campo de aplicación se denomina "ingeniería de suelos". Términos tales como "geología de suelos" y "suelos forestales" son utilizados para designar campos de la ciencia del suelo. El término "tecnología de suelos" ha sido usado tanto en un sentido limitado de manipuleo del suelo: drenaje, riego control de erosión, labranza, etc. y también en un sentido más amplio abarcando toda la ciencia del suelo aplicada. En forma similar "conservación de suelos" se usa comúnmente no sólo en el sentido limitado de control de la erosión, sino que también en sentido mucho más amplio, hasta llegar al de "manejo del suelo para alcanzar una producción permanente". En Europa generalmente, la palabra "científico" tiene un significado algo más elevado que en los Estados Unidos. Por esto los individuos dudan en llamarse a sí mismos "científicos del suelo", prefiriendo una sola palabra como pedólogo". Desafortunadamente en los Estados Unidos el término pedología abarca únicamente las fases del campo general de la ciencia del suelo que se relacionan directamente a la morfología, génesis y clasificación. En este sentido el término Pedología es aún demasiado estrecho para el trabajo realizado por el Levantamiento de Suelos. Es más, el término "Ciencia del suelo" tiene al menos alternativa para los Estados Unidos que denominar "ciencia del suelo" el campo general, o sea la ciencia que trata de los suelos, incluyendo su naturaleza, propiedades, formación, funcionamiento, comportamiento y respuesta a uso y manejo. En muchos países, de acuerdo con el uso actual, ésta sería también la definición de "pedología".

(10) Véanse las siguientes referencias: MARBUT, C. F. THE CONTRIBUTION OF SOIL SURVEY TO SOIL SCIENCE, Soc. Prom. Agr., Sci. Proc. (1920) 41: 116-142 - ilus. 1928. — A SCHEME FOR SOIL CLASSIFICATION. Ist. Internat. Cong. Soil Csi. Comm 5, Proc. and Papers 4: illus. 1928 SOIL SCIENCE OF AMERICA. LIFE AND WORK OF MARBUT. 271 pp. illus. Columbia., Mo. 1942.

pero aún subordinado a factores extraños al suelo en sí y a la geología de la superficie. Esta debilidad se hace más claramente evidente en los Estados Unidos, debido tal vez al énfasis que se pone sobre los mapas de suelos detallados y por el valor práctico que tienen para pronósticos. El progreso que se alcanzó fue rápido debido a la acumulación hasta esa fecha, de importantes datos de campo. Ya para 1.925 se estaba realizando una gran cantidad de trabajo a través del país sobre morfología y química en perfiles de suelo. Alrededor de 1.930 los datos disponibles fueron resumidos e interpretados de acuerdo con este concepto, visualizado por Marbut en su gran trabajo sobre los suelos de los Estados Unidos (11).

Marbut siempre hizo fuerte hincapié en que la clasificación de los suelos debía basarse en la morfología del suelo, ya que las teorías sobre génesis eran efímeras y dinámicas. El se vió forzado a insistir tanto en este punto, tal vez demasiado, debido a los errores ya cometidos con la aceptación de la teoría de la hoja de balance y el concepto geológico. Esa teoría y ese concepto asumían que los suelos tenían ciertas características, y que el científico no necesitaba tomarse la molestia de comprobar su veracidad en el campo.

Marbut trataba de señalar por todos los medios, en la forma más clara posible, que el examen de los suelos en el campo era esencial para desarrollar un sistema de clasificación y cartografía que tuviera valor para hacer pronósticos. (Esto aún hoy día necesita énfasis. Ocasionalmente circulan esquemas para clasificación y cartografía de suelos diseñados para evitar el trabajo de examinar los perfiles).

Una interpretación extrema del énfasis dado por Marbut a la morfología como base de la clasificación, condujo a la sugestión de que el clasificador de suelos podía olvidarse de los principios genéticos y sus relaciones. Tales extremos deben evitarse. No se llega realmente a comprender un suelo sino hasta que se conoce su génesis y las razones de por qué se diferencian de otros suelos. No es sino hasta después que la morfología y génesis de un suelo son conocidos cuando se puede planear más efectivamente la investigación para descubrir sistemas de manejo nuevos y mejorados si no se posee tal conocimiento organizado, a lo único que se puede aspirar es a un trabajo empírico de parcelas experimentales en gran número, con los deseos de que algo resulte de ello. Esta es la situación actual con muchos suelos tropicales. Un ejemplo lo constituyen las Lateritas Hidromórficas: el encontrarles sistemas de manejo prácticos sólo por medio de pruebas empíricas en parcelas casi parece un esfuerzo vano hasta que se resuelve su origen. Debe hacerse más hincapié en investigación fundamental de suelos como plataforma para clasificación, investigación aplicada y para el invento de técnicas nuevas.

(11) MARBUT, C. F. SOILS OF THE UNITED STATES. En: Dept. Agr. Atlas of American Agriculture, pt. 3, Advance sheets N° 8, pp, ilus. 1935.

Puede concebirse sin embargo el desarrollo de un sistema de clasificación de suelos únicamente sobre la base de la morfología, pero en la práctica es dudoso que se obtengan resultados totalmente satisfactorios. Al lado de una morfología precisa se necesita la génesis con el fin de guiar el trabajo y probar los resultados. No se puede desatender el uno ni la otra. A pesar de lo anterior la clasificación de aquellos suelos que no tiene un origen claro no se puede atrasar y debe por lo tanto manejarse en la mejor forma posible, fundándose para ello principalmente en la morfología.

Los suelos: paisajes tridimensionales dinámicos: Hacia 1.930 y los años siguientes, el concepto del suelo fué gradualmente ampliado y extendido (12). Esta revisión de concepto no fué tan dramática como la primera; fue más bien cuestión de consolidación y balance. Previamente se había dado el mayor éntasis al perfil del suelo. Los perfiles del suelo ocupan sólo puntos casi aislados sobre la superficie de la tierra; mientras tanto los suelos tienen forma y área, ancho y largo, así como profundidad. Los estudios morfológicos comenzaron a extenderse de hoyos aislados a zanjas largas o series de hoyos sobre un área de suelo. La morfología de un suelo está expresada por una variedad de perfiles, alrededor de uno que se considera modelo y no por un perfil único y ni siquiera por uno típico. Es más, el énfasis inicial dado a los perfiles genéticos fué tan grande que aún se llegó a sugerir que en ausencia de tales perfiles genéticos, como sucede por ejemplo en un suelo aluvial joven, no había verdadero suelo. Se había hecho una separación total entre la meteorización de las rocas y la formación del suelo. Aunque la distinción entre estos procesos es necesaria, igualmente lo es el reconocer que la meteorización de las rocas y la formación del suelo son procesos conjuntos que se realizan al mismo tiempo, en el mismo paisaje. Los suelos son dinámicos no únicamente como perfiles sino también como paisajes.

La clariticación y ampliación del concepto de suelo también se desarrolló debido al contínuo énfasis dado a la cartografía detallada de los suelos especialmente a la importancia que se dió a los pronósticos sobre posible producción de cultivos adaptados bajo prácticas definidas de manejo para cada suelo mostrado en los mapas. Muchas de las viejas descripciones de suelos no habían sido suficientemente cuantitativas y las unidades de clasificación eran muy heterogéneas para hacer las predicciones de producción y manejo necesarias para planificación de fincas individuales. El uso de fotografías aéreas iniciado en los últimos años de la década de 1.920 aumentó enormemente la exactitud en la cartografía de suelos; al mismo tiempo, para llenar las necesidades de planificación de granjas, se requería tam-

(12) Véase: KELLOGG, CHARLES E. MODERN SOIL SCIENCE. Amer. Scientist 36.517-536, ilus. 1948.

bién mayor precisión en la interpretación. Este desarrollo de esquemas para resumir los pronósticos de rendimiento y comportamiento de los suelos bajo prácticas de manejo determinadas no solamente hizo el levantamiento de suelos muchos más útil, sino que también forzó la reconsideración del concepto mismo de suelo.

Definición de Suelo.—Antes que todo, suelo es el medio natural para el crecimiento de las plantas terrestres, haya o no "desarrollado" horizontes. El suelo en este sentido cubre la tierra como un manto continuo, excepto en las pendientes rocosas, en regiones de frío continuo, en playas muy saladas y en los demás lugares en que desaparece. Sus características, en cualquier sitio, son el resultado de la intluencia combinada del clima y la materia viva sobre el material rocoso originario. Esta influencia está condicionada por el relieve y los lapsos de tiempo e incluye los efectos del medio ambiente y el uso del suelo por el hombre.

En el estudio de las características del suelo y el pronóstico de sus potencialidades de uso, no podemos trabajar con el manto de suelo total al mismo tiempo. Deben reconocerse clases individuales de suelo. Para hacer uso de la experiencia y de los resultados de la investigación, la clasificación se torna necesaria. Es a través de la clasificación, usada como medio, que se puede organizar y recordar nuestros conocimientos, es por medio de ella que vemos las interrelaciones entre los suelos y entre ellos y el medio ambiente, siendo así posible formular principios que tienen valor como base para hacer pronósticos.

Si se considera un suelo individual dentro del manto continuo, este viene a ser una sección de paisaje, dinámica y tridimensional, que da sustento a las plantas. Tiene una combinación única de características tanto internas como externas, con fluctuaciones de expresión definibles. Cada clase individual de suelos tiene un conjunto modal de características dentro de límites fijados por **nuestra** lógica. Su superficie superior es la de la tierra; la inferior está determinada por los límites inferiores de los procesos formadores del suelo; y sus lados forman límites con otras clases de suelo en donde ocurren cambios en una o más características diferenciadoras, relacionadas a su vez, con uno o más factores genéticos. A través de la investigación, se puede predecir el comportamiento de los suelos bajo condiciones definidas.

En el mundo existen muchos miles de clases únicas de suelos tantas como combinaciones significativas de factores genéticos. Las características de cada una pueden conocerse por medio de observación e investigación tanto en el campo como en el laboratorio. La historia de un suelo y sus potencialidades está contenida dentro de estas características, consideradas colectivamente. **La influencia que sobre el comportamiento de un suelo tiene cualquier característica o una variación de cualquiera de ellas, depende de las demás que**

forman la combinación. (Es probable que la mayor parte de los pronósticos errados resulten más de la incapacidad de reconocer este principio que de cualquier otro error). Un sistema general de clasificación de suelos debe abarcar todas las características pertinentes observables.

Los suelos entonces, son paisajes tanto como perfiles. Esto ha sido siempre reconocido por el edafólogo al trazar los limites entre los suelos, los cuales comúnmente se encuentran al pie de una pendiente, al margen del bosque pantanoso, o a lo largo de cualquier otro límite obvio entre paisajes naturales. Los limites de suelos más difíciles de delinear son aquellos que sólo pueden localizarse por medio de repetidos exámenes de los perfiles debido a que la variable genética determinante es oscura. En el levantamiento detallado de suelos, los exámenes de perfiles son siempre esenciales con el fin de comprobar la localización de los limites y de identificar los paisajes limítrofes.

En el concepto de suelos como paisaje, la pendiente es una característica importante. Los suelos, como otros cuerpos naturales, tienen forma. Anteriormente alguien escribió "suelos en tierras de pendientes", ahora decimos simple y más correctamente "suelos de pendientes". La temperatura es una característica edáfica importante, aun cuando no se la puede preservar en las muestras del suelo; lo mismo puede decirse de la pedregosidad y el microrelieve. Un suelo es algo natural en el paisaje. Como un río o un glaciar o un volcán, el suelo no se puede traer al interior del laboratorio. Por esto, no importa cuál es el valor de los datos que obtenemos de muestras del suelo en el laboratorio, o en qué forma son valiosos, pues la síntesis final en los pronósticos únicamente puede ser exacta si se basa en todas las características del suelo como un paisaje natural.

Ya que no se puede distinguir exactamente bajo todas las condiciones entre "suelo" y "no suelo", una definición precisa general es imposible. Lo mismo sucede con otras palabras básicas cuya compresión es clara, tales como "casa", "planta" o "piedra". Se han definido muchos miles de clases individuales de suelos. En la mayoría de ellos, pero no en todos, se pueden establecer claramente el suelo y la capa inmediatamente debajo de él (no suelo). Ordinariamente pensamos que el suelo incluye la parte superior de la corteza terrestre que tiene propiedades diferentes al material rocoso originario, debido a la influencia de los factores formadores del suelo.

A pesar de esto, en muchos casos, las definiciones de muchos suelos individuales deben ir más allá e incluir en ellos capas inferiores que influencian el comportamiento del suelo. También sucede que algunos paisajes edáficos que dan sustento a plantas, se van adelgazando gradualmente hasta llegar a convertirse en

rocas cubiertas por musgos y finalmente en la roca desnuda, lo cual sucede sin que haya una separación clara entre suelo y no suelo, en la acepción general. Pueden hacerse crecer plantas bajo vidrio, en potes llenos con muestras de suelo, con turba, arena, o aún con agua. Bajo condiciones apropiadas todos estos medios producen plantas, pero algunos son "no suelo". Aún más, hay plantas que crecen sobre árboles y a estos los consideramos como "no suelos". Sin embargo, la cualidad tal vez más importante del suelo es la de dar sustento a las plantas.

La siguiente definición general puede servir para aquellos que tengan necesidad de una: **Suelo es el conjunto de cuerpos naturales que ocupan las porciones de la superficie terrestre que dan sustento a las plantas y que tienen propiedades debidas al efecto integrado del clima y la materia viva, actuando por peíodos de tiempo sobre el material originario, en grado condicionado por el relieve.**

Métodos científicos.

Para comprender la significación de cualquier característica particular del suelo, o de cualquier factor genético, deben definirse y compararse conjuntos de características. Estos conjuntos de características constituyen las unidades en la clasificación del suelo (13). Para encontrar en el sistema de clasificación el lugar de un suelo no conocido, o para entender las relaciones de un suelo con los otros del sistema, se comparan los conjuntos de características. Este método de correlación científica es la herramienta principal en la clasificación de suelos.

Debido a su universo y métodos, la ciencia del suelo no se ajusta en forma nítida a las ciencias físicas, las biológicas o a las ciencias de la tierra. Tiene de las tres, pero no es ninguna en forma exclusiva. Se usan principios y métodos de las tres, además de los que le son peculiares a la ciencia del suelo misma.

Una cantidad grande y creciente de conocimiento científico fundamental concierne únicamente a la ciencia del suelo y a ninguna otra disciplina. Estos hechos dan énfasis a la importancia de ver la ciencia como un total; no importa hasta dónde un edafólogo se especialice, siempre debe mantener una visión amplia del campo total.

En algunas ciencias, como por ejemplo la química y la fisiología vegetal, se depende principalmente de un método científico general: el método experimental. En forma inconsciente, algunos han asumido que el método experimental es el único método científico; en cuanto a la ciencia del suelo, es cierto que le es muy útil. Con este

(13) Véase la sección sobre Unidades para la Clasificación y Cartografía de Suelos.

método, los efectos específicos de las variaciones en las características edáticas, individuales y en grupos pueden observarse bajo condiciones definidas. Es por esto que el científico establece experimentos en parcelas que representan suelos individuales, en los cuales pueda controlar las otras variables o por lo menos estimar sus efectos, a la par de la que se encuentra en estudio. Una gran parte de lo que se ha aprendido acerca del comportamiento de clases específicas de suelos, ha sido el resultado de experimentos de campo controlados, experimentos naturales, y del análisis de los registros de unidades de explotación en operación: fincas, huertos y bosques.

A pesar de lo anterior, una gran cantidad de asuntos que se estudian científicamente no pueden ser sometidos a experimentación.

Así por ejemplo, podemos llegar a las influencias relativas de regímenes climáticos diferentes sobre el origen de suelos distintos provenientes de granito, digamos, por medio de ambos métodos, el experimental y el de correlación. El método experimental se aplica en pequeñas áreas de suelo, casi puntos. Por medio del método de correlación se comparan los conjuntos de datos de lugares diferentes y a partir de ellos se desarrollan los principios que concuerdan con los hechos.

Resultados de utilidad pueden obtenerse únicamente de aquellas parcelas experimentales que representen en forma adecuada una clase de suelo definida. Para interpretar los resultados, ya sea con miras a lograr un entendimiento de los suelos, o para pronósticos acerca de su comportamiento, los resultados deben sintetizarse en relación con unidades edáficas definidas. Esta es la función de la clasificación de los suelos. Sus elementos fundamentales provienen de la observación y del método experimental; su sistema de trabajo es el método de correlación científica lógica.

Por un lado la clasificación de suelos depende de los resultados obtenidos en todas las ramas de la ciencia del suelo, tanto fundamental como aplicada y por el otro, los resultados obtenidos en todas esas ramas, pueden únicamente ser sintetizados para su aplicación precisa por medio de la clasificación de suelos, ya sea que se hagan o no mapas de suelos. La clasificación ha estado tan íntimamente asociada con la cartografía de suelos (para la cual es una necesidad inmediata) que algunos técnicos que trabajan en otras ramas de la edafología no siempre han visto con claridad que, a la larga, la clasificación es tan importante para su trabajo como la cartografía, especialmente para la aplicación ordenada de los resultados por ellos obtenidos.

Para aplicar la edafología a la dasonomía, agricultura, pastoreo e ingeniería, debemos poseer medios para identificar en el campo, las unidades individuales del sistema de clasificación. Entre las personas que necesitan usar los principios y pronósticos de la ciencia del suelo, son muy pocos los que pueden identificar estas unida-

des. Es por esto que es esencial tener mapas de suelos. Asumiendo un sistema adecuado de clasificación de suelos con sus unidades bien descritas y con predicciones dignas de confianza, hace posible la aplicación ordenada de nuestros conocimientos a áreas específicas: campos, fincas, bosques, huertos, etc., con unidades de nomenclatura consistente y con pronósticos merecedores de confianza.

La cartografía de suelos en sí es una ciencia aplicada o un arte. Sin embargo la calidad y utilidad de sus resultados dependen de vastos antecedentes, tanto de ciencia fundamental como de ciencia aplicada; dependen de lo conocido en general y de lo conocido específicamente por el grupo particular de científicos que realizan el trabajo. El levantamiento de suelos de cada área significa un desafío y no es de ninguna manera un problema que se resuelve con el mapeo de unas pocas docenas de tipos y fases estandars de suelo. Los suelos no pueden ser tan fácilmente uniformados. Las relaciones entre cada suelo y sus vecinos y entre cada suelo y los factores ambientales deben buscarse y aclararse. Deben explorarse todas las posibles potencialidades de uso y se debe llegar, en lo posible, a juicios definitivos en términos cuantitativos.

Esto le da prioridad a la capacidad del edafólogo para hacer uso exhaustivo de la información y principios existentes y para captar de entre lo que observa, aquello que el uso del suelo indica que es esencial. No puede tampoco el técnico de campo depender exclusivamente de las fuentes locales de información. Muchas posibilidades de importancia pueden surgir de las experiencias realizadas en suelos similares de cualquier otra parte, aún de otros países. Como resultados finales deben darse a conocer los cultivos adaptados, las prácticas de manejo y los sistemas de uso de la tierra, tomando siempre en cuenta los factores que influencian tales sistemas. En resumen, un levantamiento moderno de suelos es una empresa científica difícil que requiere intensa dedicación y visión amplia.

Las retribuciones que se obtienen de un trabajo bien hecho son muy satisfactorias, tanto intelectual como emocionalmente (14).

Ciertamente las complejidades que se presentan para comprender un suelo y predecir su comportamiento son suficientes para inquietar la imaginación de cualquier hombre. Por otro lado, con mapas precisos de suelos, los que utilizan la tierra en cualquier parte que se hallen, pueden hacer uso total de la ciencia y la tecnología para extraer toda la gran potencialidad que existe en el suelo, utilizando para ello sistemas de manejo eficientes, que aseguren la abundancia permanente que el mundo tan desesperadamente necesita.

---

(14) Para ilustrarse sobre la vida de campo de un edafólogo, véase el libro de MACY H. LAPHAM: "CRISSCROSS TRAILS: NARRATIVE OF A SOIL SURVEYOR. 246 pp., ilus. Berkeley (Calif.) 1949.

INDOLE DE LOS MAPAS E INFORMES DE SUELOS

Un **mapa de suelos** es un mapa destinado a enseñar la distribución de los tipos de suelo u otras unidades cartográficas en relación a otras características prominentes físicas y culturales de la superficie terrestre. Las unidades pueden mostrarse en forma separada, o como asociaciones denominadas y definidas en términos de unidades taxonómicas. La intención de la anterior definición es excluir aquellos que muestran características edáficas únicas tales como textura, pendiente, profundidad, color o combinaciones arbitrarias de dos o más de ellas; o mapas que muestran cualidades de suelos tales como fertilidad o susceptibilidad a la eroción o los que muestran factores genéticos individuales o sus combinaciones.

Mapas acerca de una o más características edáficas pueden hacerse por medio de observaciones de campo o por selección y generalización a partir de un mapa de suelos. En un mapa de suelos, sin embargo, todas las combinaciones de las características pertinentes observables que tienen relación con la naturaleza y comportamiento de los suelos, se incluyen en unidades taxonómicas debidamente identificadas, esto es, en cuerpos naturales con conjuntos de características edáficas bien definidas.

Cuando es necesario se pueden elaborar mapas con interpretaciones de condiciones edáficas seleccionadas. De un mapa de suelos se puede derivar una serie de mapas interpretativos simples de la misma área, mostrando por ejemplo, la relativa adaptabilidad de la alfalfa, el maíz u otras plantas; los peligros de erosión bajo ciertas clases de manejo, requerimientos de drenaje para producción óptima, potencialidades de riego y muchas otras. Al hacer tales generalizaciones, algunas de las líneas divisorias entre suelos desaparecen. Por ejemplo, en un mapa de riesgos de erosión desaparecerían aquéllas lineas entre suelos que tienen la misma susceptibilidad a la erosión. Pero estas líneas divisorias particulares, que desaparecen de estos mapas de suelos, pueden ser importantes para otro mapa interpretativo, como por ejemplo para uno que muestre clases de productividad. Es así como del mismo mapa de suelos

y por eliminación de diferentes líneas se pueden obtener mapas interpretativos diferentes.

Muchas de estas interpretaciones son efímeras y deben ser actualizadas con los cambios en las artes agrícolas y el medio cultural. Si un mapa de suelos se hace con precisión, los mapas interpretativos pueden ser revisados fácilmente de tiempo en tiempo y cuando ello se haga necesario. Pero si en el campo y sobre el terreno se hacen solamente mapas "de opinión", sin un mapa de suelos, con cualquier cambio significativo de las artes agrícolas o del medio cultural que ocurra todo el trabajo de campo debe hacerse de nuevo. En la planificación de levantamientos de suelos no se deben omitir esfuerzos para que el concepto anterior quede claro y terminante. Ocasionalmente se realizan levantamientos "rápidos" de tierras rurales para objetivos de poco alcance, a un precio tal vez ligeramente inferior al requerido por un levantamiento de suelos; tales levantamientos generalmente se inutilizan en un tiempo corto, y los mapas no son susceptibles de reparación porque se han ignorado los datos básicos, se han mezclado los hechos con las interpretaciones, se han dibujado en forma inexacta los límites entre unidades cartográficas o porque se ha hecho una combinación de todas las fallas mencionadas. Algunas áreas rurales han sido levantadas más de una vez por tales métodos "rápidos" a un costo total que se aproxima o supera al desembolso que habría sido necesario realizar para obtener un levantamiento de suelos básico, y lo peor es que al final de cuentas no se ha conseguido un mapa útil para pronósticos o recomendaciones a los agricultores acerca de los cultivos adaptables, producción estimada y prácticas de manejo de suelos.

Un mapa de suelos por si mismo, sin un texto que guíe su interpretación no puede ser útil a nadie, excepción hecha de aquellos técnicos íntimamente familiarizados con las unidades que aparecen en la leyenda. Para todos los demás es esencial el texto y la leyenda. El levantamiento de suelos incluye ambos: mapa y texto. En el texto, comúnmente denominado **informe del levantamiento de suelos** se describen los rasgos naturales y culturales del área levantada; las características, capacidades de uso, requerimientos de manejo, rendimientos promedio pronosticados y los efectos de los sistemas de manejo para cada tipo de suelo, fase u otra unidad de mapeo durante un período largo de tiempo, así como los factores principales que han actuado en la formación del suelo.

La forma e índole de los levantamientos varían con las condiciones del suelo, las potencialidades agrícolas y los problemas a tratar. También están sujetos a cambio conforme avanzan los conocimientos de la ciencia del suelo y las técnicas cartográficas. Aún más importante ha sido el aumento en la demanda por mayor precisión de los levantamientos, de tal manera que sea posible hacer un uso efectivo de los grandes desarrollos alcanzados en la tecnología agrícola.

Identificación de las Unidades.—El primer paso que se debe dar para la realización de un levantamiento de suelos es el establecimiento de las unidades de clasificación que se van a mostrar en los mapas. Su nomenclatura dentro del sistema general de clasificación **viene después** de las definiciones exactas, basadas sobre las observaciones hechas en el campo y suplementadas por los datos provenientes del laboratorio. La unidad básica es el tipo natural de suelo, la unidad inferior (1) en el sistema natural (o genético) de clasificación del suelo. Por "sistema natural" se quiere dar a entender el sistema en el cual todas las características pertinentes de los suelos son consideradas como conjuntos únicos de características interrelacionadas, incluyendo aquellas importantes a los propósitos prácticos para los cuales sirven los mapas, pero sin énfasis exclusivo sobre ninguna de ellas.

Cada tipo de suelo es único. Se define como una combinación única de rasgos superficiales, como pendiente y pedregosidad y de características internas: textura, estructura, color, composición química, espesor y otras propiedades de los horizontes que forman el perfil del suelo hasta una profundidad de significación. Otras unidades se caracterizan por observaciones de campo y de laboratorio, sobre los rasgos químicos, físicos, biológicos y mineralógicos de los horizontes, la naturaleza geológica del material rocoso originario y las características geomorfológicas del paisaje.

Cualquier tipo de suelo incluye los suelos que se asemejan en características de significación en cuanto a la naturaleza y funcionamiento del suelo en el paisaje natural. Las diferencias en rasgos que no son importantes en el paisaje natural pero sí en el uso del suelo, como en la agricultura, dasonomía o pastoreo, son reconocidas como subdivisiones dentro de los tipos (o series de suelos). Comúnmente las diferencias en pendiente, pedregosidad o grado de erosión dentro de un tipo de suelo, que no son significativas en el paisaje natural pero sí para su uso, se muestran como fases. Mientras que al definir un tipo de suelo, sólo se acepta un margen estricto de variabilidad de las características que forman el conjunto, incluyendo aquellos de importancia genética o práctica, las distinciones de fases dentro de los tipos, se basan totalmente en consideraciones prácti-

---

(1) La fase como una subdivisión del tipo, puede ser considerada desde algunos puntos de vista por lo menos, como la unidad inferior. Pero dado que se separan fases de tipos, de series, de familias y de grandes grupos de suelos sobre la base de diferencias significativas (como características edáficas diferenciadoras) únicamente bajo cultivo y no en el paisaje natural, no se las toma estrictamente como partes del sistema natural. (Véase también la pág. 382 et. seq.).

cas. Es por eso que los tipos de suelos deben ser definidos en todo lugar de la misma manera mientras que las fases son definidas más prolijamente en donde la agricultura es intensiva y menos en donde es extensiva. Las guías que se siguen para las distinciones de fases son totalmente prácticas.

En la definición de las unidades de clasificación, incluyendo las distinciones de las fases, se debe dar énfasis a los rasgos relativamente permanentes que influencian la respuesta a manejo y no a las características efímeras o transitorias, como las diferencias en nutrientes para las plantas causadas por recientes fertilizaciones, encalamiento u otras prácticas de manejo similares. Debe reconocerse que la productividad inmediata de áreas del mismo tipo de suelo o fases puedan variar debido a sus antecedentes de manejos recientes; esto es particularmente cierto acerca de los tipos de suelo que responden grandemente a los fertilizantes. Sin embargo, en áreas de la misma clase de suelo, si se las ha cartografiado en forma apropiada y **siempre que se les dé el mismo manejo,** no deben haber diferencias significativas en productividad para los cultivos climáticamente adaptados. En áreas agrícolas muy viejas, sin embargo, las prácticas de manejo han cambiado los suelos en forma fundamental y desde luego, su clasificación.

Características observables y cualidades deducidas.—En la ejecución del levantamiento de suelos y en el informe de sus resultados, las características observables deben ser distinguidas con claridad de las deducidas.

En el levantamiento de suelos terminado, se enumeran los rasgos de cada clase de suelo. Entre los rasgos observables directamente están la pendiente (grado, forma y disposición), pedregosidad, profundidad y el color, estructura, textura y otras características significativas de cada horizonte del perfil. Otras observaciones incluye la temperatura del suelo, especies de plantas y sus hábitos de enraizamiento, rasgos causados por la erosión, etc.,. Muchas características son determinadas parcialmente a través del uso de instrumentos científicos. Algunas de ellas son: contenido de arcilla, materia orgánica, nutrientes vegetales, cationes cambiables, y los varios minerales arcillosos que se encuentran en los horizontes del suelo. Se determina también el pH de cada uno de los horizontes. Cuando es necesario se determina el grado de agregación, permeabilidad, clases y cantidades de sales solubles, y los efectos del riego. De nuevo hacemos hincapié en que las unidades de suelo pueden ser agrupadas y que se pueden hacer mapas interpretativos de acuerdo a una de las características observables, pero que tales mapas no son mapas básicos de suelos.

Por medio de la interpretación de los rasgos observados, la naturaleza de las clases de suelos pueden ser determinados por deducción. La fertilidad del suelo, por ejemplo, puede estimarse a través de las características observables, de los resultados de lotes experi-

mentales, y de la experiencia de aquellos agricultores que mantengan registros acerca del comportamiento y producción de campos formados principalmente por una sola clase de suelo. La fertilidad del suelo, sin embargo, no puede ser observada directamente; ella es la propiedad que permite suministrar los compuestos apropiados, en las cantidades debidas y en una forma balanceada apropiada, para el crecimiento de determinadas plantas, cuando los otros factores como luz, temperatura, humedad y condición física son favorables. Por lo tanto, los suelos pueden ser clasificados en clases de productividad unicamente por deducción. Lo mismo podríamos decir de la condición de labranza, que es la condición física del suelo en relación con su aptitud para el crecimiento de una planta especifica. Por medio de la combinación de estas cualidades, fertilidad y capacidad de labranza se llega al concepto de la productividad, definida como la capacidad que tiene un suelo para producir plantas específicas o secuencias de ellas, bajo un conjunto específico de prácticas de manejo.

Las agrupaciones de los suelos en atención a las propiedades deducidas, son esenciales para la interpretación de un levantamiento de suelos. Además de la fertilidad, capacidad de labranza y productividad, pueden deducirse otras propiedades del levantamiento básico de suelos, siempre que la investigación se haya llevado a cabo en forma competente. Estas cualidades incluyen susceptibilidad a la erosión e irrigación, respuesta a drenaje, facilidad de ser trabajados, o sea la condición física con respecto a la labranza y adaptabilidad de cultivos. Las agrupaciones de suelos conforme a su capacidad de uso, ya sea en el sentido general o en el sentido especial que emplea el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos en su programa de asistencia a los agricultores, se pueden hacer fácilmente a partir del mapa detallado de los suelos y del informe respectivo, o puede leerse directamente del mapa de suelos.

Identificación de límites.—Una vez establecidas las unidades de clasificación e identificadas en el campo, se trazan entre ellas los linderos, los cuales se muestran en mapas base precisos o sobre fotografías aéreas. La escala a emplear depende de los usos a los cuales el mapa ha de ser destinado y de lo intrincado que sea la disposición de los suelos en el terreno.

Después de que se han definido las unidades edáficas y de que sus relaciones con el medio han sido determinadas, la mayoría de los linderos pueden localizarse sobre la superficie del suelo, identificando los sitios en donde ocurren cambios en uno o más factores genéticos. Esto es, los hoyos o perforaciones con el taladro se necesitan principalmente para identificar el perfil de un paisaje edáfico; el lindero real puede generalmente trazarse con mayor exactitud por medio de la observación cuidadosa del paisaje. A pesar de esto, se encuentran importantes excepciones en donde las relaciones entre los rasgos edáficos diferenciadores y los factores genéticos no están claras.

Por ejemplo, la profundidad y espesor de una costra férrica o de un horizonte de acumulación de carbonatos, o la profundidad de la capa freática pueden ser variables aunque no haya una variación superficial correspondiente en los rasgos superficiales. En tales casos, los exámenes del suelo son necesarios para localizar los linderos tanto como para identificación.

Los límites entre suelos deben trazarse en forma precisa. A pesar de la gran atención prestada a la clasificación de suelos en contraste con la dada a los métodos de cartografía, una gran parte de los mapas pobres o de baja calidad que existen en el mundo se deben principalmente a la inexactitud de los linderos que generalmente son asumidos más bien que determinados. En el trabajo de levantamiento de suelos debe darse gran énfasis a la honradez en la investigación; es más difícil controlar el trabajo de un edafólogo que controlar el de un técnico de laboratorio y el daño causado por una línea de suelos trazada incorrectamente puede ser muy grave para aquellas personas que utilizan los mapas.

CLASES DE MAPAS DE SUELOS

Se distinguen tres (3) clases generales de mapas básicos de suelos, según el detalle con el cual hayan sido trazados en el mapa las líneas del suelo; estos son: 1º) detallados, 2º) de reconocimiento y 3º) detallados y de reconocimiento. Entre ellos, el levantamiento de suelos detallado es el de mayor utilidad y el más importante. La tercera clase, los detallados y de reconocimiento, no constituyen realmente una clase separada sino que son mapas de suelos que tienen partes de cada una de las otras dos clases.

Además de los mapas originales, hechos a partir de levantamiento de campo, hay mapas de suelos hechos a escalas relativamente pequeñas en los cuales se muestran asociaciones de unidades taxonómicas. Los mapas generalizados de suelos se desarrollan por medio de una abstracción ordenada de los levantamientos básicos de campo, ya sean de reconocimiento o detallados. Los mapas esquemáticos de suelos son compilados por medio de observaciones localizadas de campo de los suelos y sus factores genéticos, y de mapas geológicos, climáticos, geomorfológicos, de vegetación y relieve. Los mapas generalizados de suelos y de áreas representativas sirven de guía en la compilación de los mapas esquemáticos y se les incluye usualmente en forma parcial.

Mapas detallados de suelos.—En un mapa detallado moderno, los tipos y fases de suelos son cartografiados con el detalle requerido para mostrar todas las líneas entre las unidades cartográficas, incluyendo las áreas de una unidad que estando dentro de otra sean significativas para el uso potencial (generalmente para

planificar sistemas de manejo de campo). Las unidades de clasificación deben definirse con suficiente detalle para que sean homogéneas genéticamente y para que permitan, hasta donde lo requieran los conocimientos disponibles, la formulación de pronósticos diferenciales de significación; y los linderos entre unidades cartográficas deben trazarse sobre mapas base o fotografías aéreas a partir de las observaciones hechas a través de su curso, haciendo uso de rasgos naturales, tales como: quebradas, lagos y las características culturales tales como canales, caminos, ferrocarriles y casas.

En otra parte de este **Manual** se dan guías específicas sobre estos diversos puntos. Los mapas base deben ser completos y precisos debido a que las líneas sobre el terreno (líneas divisorias de secciones, municipios, etc.), los caminos, casas, quebradas y otros rasgos obvios son usados como puntos locales de referencia por aquellas personas que usan los mapas. Un gran detalle en la cartografía de los suelos, sin un mapa base detallado es trabajo prácticamente perdido debido a quien lo va a emplear generalmente es incapaz de ubicarse en forma apropiada y de leer el mapa con precisión. La exactitud de un mapa de suelos está por esto determinada en primer lugar no por la exactitud geodésica general, sino por lo que podría llamarse exactitud local, esto es, la relación entre las líneas de suelos y los otros rasgos identificables por quien use el mapa. Por ejemplo, aunque una línea de suelos aparezca dentro de los límites de exactitud generales requeridos, si está colocado en el lado equivocado de una casa o camino, tanto la utilidad del mapa como la confianza de quien lo usa disminuyen notablemente.

La exactitud que se requiere en cuanto a detalle de las líneas de suelo depende parcialmente del posible uso del mapa. Si se encuentran clases de suelo de escasa extensión dentro de áreas de otra clase, que afecten en forma significativa el manejo, deben separarse en el mapa por medio de símbolos definidos aún cuando tales áreas sean menores de media hectárea. El criterio para mostrar en los mapas áreas de esta clase es también influenciado por el contraste relativo entre las dos clases de suelo.

Aún cuando se utilicen mapas a gran escala, algunas unidades taxonómicas están a menudo entrelazadas tan intrincadamente con otras unidades que su asociación debe reconocerse como una unidad cartográfica. Cuando se levantan áreas con una disposición compleja de suelos en donde todos ellos están comprendidos en lotes o campos que reciben el mismo tratamiento, puede ser más útil enseñar complejos bien definidos de suelos que cartografiar unidades taxonómicas individuales con mucho detalle intrincado.

La escala del mapa depende del propósito perseguido, la intensidad del uso del suelo, la disposición en que se encuentran los suelos y la escala de otros materiales cartográficos disponibles. En

realidad conmúnmente se usa una escala de 1: 15.840 para el levantamiento de campo y de 1: 31.680 para publicación de los mapas. Son muy pocos los levantamientos detallados de suelos que alcanzan los requerimientos modernos, los que pueden hacerse con escalas menores de 1: 20.000 excepto en terrenos relativamente uniformes. Para la planificación de zonas de regadío en áreas de una agricultura muy intensiva, las escalas de campo de levantamiento pueden llegar a ser tan grandes como, por ejemplo, 1: 7.920 y hasta 1: 5.000. Para trabajos de ingeniería como planificación de carreteras o construcción de aeropuertos, el detalle necesario puede requerir en el mapa una escala de campo de 1: 2.500 y aún de 1: 1.000.

En el pasado se hicieron muchos mapas de suelos utilizando mapas de campo a escala 1: 63.360 ó 1: 62.500, lo cuales fueron publicados luego a la misma escala. Más tarde la escala de los mapas de campo fué duplicada, es decir, se llevó a 31.680, y después de que se hizo general el uso de las fotografías aéreas, la escala de campo ha sido aumentada de nuevo hasta los alrededores de 1: 20.000 ó 1: 15.840.

La escala de publicación se mantuvo por algún tiempo en 1: 63.360 ó 1: 62.500. Algunos mapas detallados levantados en el campo sobre fotografías aéreas y reducidos luego para publicación a las escalas mencionadas, son sumamente difíciles de leer. Por esto las escalas han sido posteriormente aumentadas a 1: 48.000 y luego llevadas hasta 1: 31.680 y 1: 24.000. Estas escalas mayores se han hecho necesarias para facilitar la lectura, aunque las relaciones geográficas entre los suelos son menos apreciables en estas hojas a mayor escala, pues tienen un área menor en cada una. La ventaja de tener el levantamiento detallado de suelos de un distrito en una sola hoja, debe, sin embargo, sacrificarse en beneficio de una lectura más clara de los detalles relacionados con los campos individuales y las fincas.

No se puede establecer una regla general en cuanto al número de observaciones requeridas por unidad de área, ni tampoco para los intervalos entre transectorias, excepto que éstas raras veces pueden ir en intervalos mayores de 400 mts. y usualmente deben realizarse a distancias menores.

Mapas de reconocimiento.—En los mapas de reconocimiento los linderos entre las unidades cartográficas se determinan por medio de observaciones hechas a intervalos y no necesariamente a lo largo de un curso completo, como es el caso en los mapas detallados. Los mapas de reconocimiento varían ampliamente desde mapas "semidetallados" que se acercan a las especificaciones de los levantamientos detallados de suelos, hasta mapas de asociaciones de suelos hechos en base a transectorias distanciadas entre sí varios kilómetros. Los mapas de reconocimiento usualmente se realizan con propósitos exploratorios: para descubrir y cartografiar áreas de suelos aprove-

chables para desarrollo más intensivo. Estos mapas son de una gran utilidad en regiones nuevas y relativamente poco desarrolladas para la identificación de áreas de posibilidades para poblamiento o para un uso más intensivo.

En algunos levantamientos de reconocimiento, las unidades de clasificación son definidas con menor precisión que en levantamientos detallados. En ellos usualmente la escala cartográfica es menor y menos unidades cartográficas pueden corresponder a las unidades taxonómicas. En los trabajos antiguos de reconocimiento se acostumbraba mostrar tipos de suelo detinidos en algunas áreas que eran en realidad mezclas indefinidas de estos tipos de suelo con otros. Esto se hacía sobre todo en aquellos lugares en donde la investigación no era suficiente como para desarrollar una clasificación completa. Hoy día es posible hacer mapas mejores y más útiles por medio del uso de asociaciones definidas de suelos.

En los levantamientos modernos de reconocimiento, las unidades taxonómicas se buscan, definen y denominan tal y como se hace en los estudios detallados. Luego estas unidades son cartografiadas en grupos, como asociaciones geográficas. Tal clase de asociación puede incluir varios tipos y fases de suelos que contrasten mucho entre sí. Cada asociación se define en términos de las unidades taxonómicas incluídas, su proporción relativa, y su disposición. Los nombres dados a estas asociaciones corresponden a los nombres de las unidades taxonómicas más prominentes.

Durante el progreso del trabajo, se cartografían, con el detalle requerido para alcanzar las especificaciones de un levantamiento detallado, áreas-muestra representativas de cada asociación. Estas áreas deben localizarse en forma muy cuidadosa y de ellas se incluyen por separado en el texto, mapas pequeños, los cuales muestran el detalle. Los datos de laboratorio complementarios y usuales, así como otras características se arreglan por unidades taxonómicas. Los pronósticos acerca de cosechas adaptadas, producciones estimadas, requerimientos de manejo, etc., se hacen también para estas unidades, tal y como se hacen en el levantamiento detallado de suelos.

Los técnicos y consejeros agrícolas pueden examinar las áreas muestra y aprender en ellas a identificar las unidades taxonómicas individuales dentro de la asociación particular de suelos que les interese.

Este esquema de levantamiento de reconocimiento tiene una amplísima aplicación en áreas nuevas y relativamente no desarrolladas. En esta forma es posible estimar las potencialidades regionales que por medio de los viejos estudios de reconocimiento, en donde las unidades cartográticas tenían una definición muy deficiente. Este nuevo tipo de estudio permite un levantamiento rápido de áreas muy grandes en donde el desarrollo no puede aguardar la terminación de un estudio detallado; al mismo tiempo da una oportunidad a los consejeros agrícolas para hacer recomendaciones es-

pecíficas que únicamente pueden ser hechas sobre la base de tipos y faces de suelos definidos en forma muy detallada.

Buenos mapas de reconocimiento sólo pueden hacerse si hay una cantidad suficiente de levantamientos detallados de áreas muestra representativas para establecer las definiciones modales de las unidades taxonómicas y los límites de variación permisibles. Las especificaciones para mapas individuales varían muchísimo. En regiones montañosas u otras áreas en donde no se espere un uso intensivo, los recorridos para reconocimiento se hacen a intervalos menos frecuentes que en tierras aprovechables en agricultura.

Muchos de los mapas de suelos hechos durante los primeros tiempos de investigación en los Estados Unidos que fueron considerados como mapas detallados a la luz de las técnicas de aquellos tiempos, son considerados hoy en día, bajo las modernas especificaciones, como mapas de reconocimiento. El aumento en detalle no ha llegado a un solo año, en el curso del tiempo ha habido variaciones considerables en cuanto a la habilidad y visión de supervisores y jefes de levantamientos de suelos.

Mapas detallados y de reconocimiento.—En mapas del tipo detallado-reconocimiento, algunas partes satisfacen las especificaciones para mapas detallados de suelos mientras que otras porciones son mapas de reconocimiento. Tales mapas se levantan en distritos u otras unidades geográficas que tienen áreas trabajadas o de uso potencial para la agricultura junto con otras grandes extensiones que no lo son. La parte cubierta por el estudio de reconocimiento puede ser tierra montañosa abrupta, suelos ácidos de turbas poco descompuestas, suelos pedregosos de desierto, colinas o llanuras secas y arenosas u otras áreas no apropiadas para agricultura.

Los linderos entre los dos tipos de levantamiento, detallado y de reconocimiento, pueden enseñarse en un solo mapa por medio de una de las dos formas siguientes: 1º) los linderos pueden seguir las líneas que separan las secciones (N. del T: Sección es una división del terreno que tiene una milla de lado o sean 259 hectáreas) u otras líneas reconocibles y las cuales se pueden indicar en un mapa esquemático pequeño colocado al margen del mapa de suelos; 2º) puede dividirse la leyenda del mapa en dos partes. Las unidades cartográticas de la leyenda de reconocimiento y los linderos entre ellas, se definen y cartografían de acuerdo con las especificaciones para mapas de reconocimiento, mientras que las unidades de la leyenda del levantamiento detallado así como los linderos dentro de ellas y entre ellas y las unidades pertenecientes a la leyenda de levantamiento de reconocimiento, son cartografiados de acuerdo con las especificaciones de los levantamientos detallados.

En aquellos lugares en donde el área cubierta por el estudio de reconocimiento sea considerablemente más grande que la cubierta en detalle, puede que sea conveniente publicar por separado una de

otra. Los mapas detallados pueden ser publicados en hojas adicionales a escalas mayores.

Mapas edáficos generalizados.—Para poder apreciar las amplias relaciones geográficas entre los suelos, se necesitan mapas a escalas reducidas que permitan hacer resaltar los contrastes entre regiones, y los mejores son los que se generalizan a partir de levantamientos detallados. Tales mapas varían en escala y en detalle y van desde los mapas de asociaciones de suelos que abarcan distritos completos a una escala de 1: 63.360, a mapas aislados de regiones amplias en donde se muestran asociaciones dominadas por uno o más grandes grupos de suelos.

Las leyendas descriptivas de los mapas de asociaciones de suelos indican la proporción relativa y la disposición de las diversas unidades de clasificación que las componen. Si el mapa se incluye como parte de un levantamiento detallado de suelos el texto que explica las unidades taxonómicas individuales en el mapa detallado puede servir para ambos. Si el mapa de la asociación se publica por separado, deben agregarse las descripciones y pronósticos para todas las unidades taxonómicas dentro de la asociación, preferiblemente en forma tabular.

La publicación de mapas detallados de suelos a escalas tan grandes como 1: 31.680 y 1: 24.000 ha hecho aumentar la necesidad de mapas generalizados de asociaciones para así poder apreciar en conjunto áreas amplias.

Dado que en los Estados Unidos el condado es una unidad conveniente para muchas clases de trabajo agrícola, es necesario tener un mapa del condado completo en donde se destaquen las varias partes de acuerdo con las características edáficas principales y su distribución, que son básicas para los tipos de agricultura y los problemas comunales.

En vista de que los usos de los mapas generalizados son tan variados, se hace más difícil escribir especificaciones para ellos que para mapas detallados. Para el nivel inferior de generalización, que es al mismo tiempo el de mayor utilidad para los programas de asesoría agrícola, podemos proceder de acuerdo con las bases siguientes: Las granjas tienen generalmente varios tipos de suelos. Es la combinación de los tipos lo que da a la asociación su carácter distintivo y la que establece las potencialidades y limitaciones dentro de la granja como unidad agrícola. La experiencia obtenida en áreas individuales se sintetiza, clasifica y generaliza sobre la base de tipos y fases de suelo tal y como han sido definidos en el levantamiento detallado. La experiencia obtenida en fincas completas, con suelos formados por combinaciones de tipos se sintetiza, clasifica y generaliza sobre la base de asociaciones edáficas. Consecuentemente, la leyenda y detalle de un mapa útil de asociaciones se planifican de modo que se muestren el uso apropiado de estos grupos geográficos amplios. Des-

de luego que los linderos entre las asociaciones de suelos que cruzan algunas fincas en la misma forma que los linderos entre tipos de suelo cruzan algunas áreas. Cuando grandes áreas de un tipo de suelo predominan en la totalidad de muchas fincas, el tipo puede ser mostrado en forma separada, aunque es muy raro que esto suceda. En el reconocimiento de franjas muy estrechas de suelos Aluviales altamente productivos, por ejemplo, debe recordarse que el Suelo Aluvial usualmente no es más que parte de la finca y se usa en asociaciones con las tierras altas adyacentes. En tales casos puede conducir a error el separarse franjas angostas de suelos Aluviales como asociaciones diferentes y las tierras altas como una o varias. En otras palabras, el detalle excesivo en el mapa de asociaciones de suelos puede disminuir su utilidad.

El desarrollo de una leyenda apropiada para estos mapas generalizados de asociaciones, puede requerir un criterio basado en el estudio tanto de los suelos como de los sistemas agrícolas utilizados en la granja entera como unidad de explotación. La forma de la leyenda requerida para un mapa de asociaciones está influenciada por el medio cultural actual, o posible en el caso de nuevas áreas, en grado mayor de lo que está en mapas detallados de suelos. Debe estar influenciado en esta forma si es que se quiere que sea de la mayor utilidad para indicar los problemas y potencialidades de granjas y comunidades. Los buenos mapas de asociaciones, interpretados a la luz de datos de parcelas experimentales, campos y fincas, son de enorme valor para la clasificación de fincas de acuerdo con sus potencialidades básicas y para guiar a los consejeros agrícolas hacia el énfasis geográfico que ellos deben dar dentro del distrito a los diversos programas educativos y de demostración. Los mapas de asociaciones de suelos sirven como base excelente, en realidad la única, para sugerir la localización aproximada de las fincas experimentales, fincas piloto de investigación y fincas de demostración (2) y para indicar en donde la experiencia obtenida en estas fincas es de mayor aplicación. Para los planes y localización exacta de estas fincas se requiere un

---

(2) Por *finca experimental* se entiende una en la cual se conducen experimentos con fines específicos, haciendo caso omiso de la finca como unidad, esto es, en donde se conducen estudios de fertilizantes en parcelas, variedades de plantas cultivadas y rotaciones, o experimentos con forrajeras y ganado. En una *finca piloto de investigación* el fin es encontrar la óptima combinación (o combinaciones) de prácticas adaptables a la finca como unidad. Tanto la finca experimental como la finca piloto de investigación se manejan con fines experimentales y las decisiones las toman los científicos encargados. En las *fincas de demostración*, se aplican prácticas de probada eficacia, y para ello se concentran los servicios consejeros con el fin de ayudar al *operador* a tomar las mejores decisiones posibles para lograr un desarrollo óptimo de finca y hogar. Las fincas de *predesarrollo*, que se encuentran a la mitad del camino entre las fincas piloto de investigación y las de demostración se establecen algunas veces unos años antes de que lleguen los colonizadores, con el fin de que sirvan a éstos de guía.

levantamiento detallado de suelos. Los mapas de asociaciones de suelos indican al consejero agrícola las áreas en donde debe hacer hincapié en el encalado, control de erosión, drenaje, siembras forestales, uso de fertilizanes fosfatados, aumento de los pastos y prácticas similares, o combinación de ellas.

Mapas de asociaciones de suelos a escalas aún más pequeñas, que incluyen estados o regiones, son de utilidad por la ayuda que brindan a los consejeros agrícolas en el desarrollo comunal (3). En estos mapas las áreas que se diferencian son mayores que las de las fincas y de un tamaño mínimo generalmente cercano al de comunidades agrícolas homogéneas.

Mapas esquemáticos de suelos.—En forma y apariencia, estos mapas se parecen a los de asociaciones de suelos. Las escalas utilizadas son generalmente pequeñas, como 1: 1.000.000 y aún menores, aunque los de mayor utilidad son hechos a escalas más grandes. Para muchas zonas, especialmente de regiones nuevas no desarrolladas, es útil tener un mapa de suelos estimado o aproximado, aún en avance de un levantamiento de suelos organizado, sea de reconocimiento o detallado. Estos mapas pueden hacerse por medio de las disposiciones de los suelos cuando son hechos en forma cuidadosa y por técnicos competentes en alto grado, resultan siempre mucho más que una mera especulación.

Lo primero que se debe hacer es colectar y estudiar toda información existente sobre los suelos y el clima, la vegetación, geología y geomorfología En áreas silvestres, esta información puede estar constituída principalmente de notas tomadas por científicos viajeros y por mapas hechos de aerofotografías sin control terrestre apropiado. Un suelo viene a ser el resultado único de la interacción de cinco factores: (1) Clima y (2) seres vivientes, condicionados por (3) relieve, que actúan sobre (4) material rocoso originario por períodos de (5) tiempo. Es por esto que si se obtienen estimaciones razonablemente buenas de todos menos uno de ellos, el faltante puede ser interpretado por medio de correlación geográfica. Este es el principio. Si se puede disponer de buenos mapas topográficos y de científicos completamente familiarizados con las combinaciones de factores ambientales que producen las clases diferentes de suelos, a menudo se pueden elaborar mapas de suelos de buena calidad.

Ya que la cantidad y calidad de material disponible varía notablemente de un lugar a otro, los mapas esquemáticos de suelos deben siempre ir acompañados de un mapa en donde se muestre la confianza relativa.

La interpretación y uso de mapas esquemáticos de suelos para propósitos de ingeniería y propósitos agrícolas siguen el mismo curso

---

(3) Para un ejemplo de este uso, se puede consultar la obra MONTGOMERY COUNTY (Alabama) FARM PROGRAM. Agricultural Extension Office. Montgomery, Ala. 61 pp. (c. 1947).

que el de los mapas generalizados. Las asociaciones de suelos deben definirse de acuerdo con las unidades taxonómicas que las componen, sus proporciones y disposición. En esta forma las características y pronósticos para las unidades taxonómicas individuales pueden dar se hasta donde sean posible estimarlas; las potencialidades del suelo y los problemas para el desarrollo comunal pueden darse para asociaciones completas de suelos. Comúnmente no es posible bajar más en la escala de clasificación taxonómica que hasta los grandes grupos con subdivisiones de acuerdo con el material rocoso originario, pendiente, profundidad y pedregosidad.

La compilación de un mapa esquemático de suelos es a menudo el primer paso lógico que se debía dar la planificación de estudios más detallados de una gran área sin desarrollar. Después de la compilación de un mapa esquemático de asociaciones de suelos, se pueden levantar en detalle áreas muestras represetativas. Se pueden desarrollar luego tablas de pronósticos y llaves para los tipos y fases locales, dentro de cada asociación. Después de hechos los mapas detallados de las áreas muestra, el mapa esquemático aproximado que se esbozó primero puede ser revisado. Una vez hecho esto, el mapa esquemático puede publicarse, junto con los mapas detallados de las áreas muestra y sus explicaciones, esto es como guía en la evaluación de las potencialidades de las varias partes de la región. El estudio publicado debe incluir guías específicas que permitan a los consejeros agrícolas reconocer los tipos y fases locales, ya que esto les ayudará en la formulación de recomendaciones específicas para los que utilizan esos suelos.

Mapas exploratorios de suelos.—Estos mapas se parecen a los esquemáticos, excepto en que las unidades cartográficas se identifican principalmente por medio de observaciones originales de suelos dentro del área particular, aunque los limites sean en su mayoría compilados de otras fuentes (4).

REQUISITOS PARA EL INFORME DEL LEVANTAMIENTO DE SUELOS

El informe o texto que acompaña los mapas de suelos es una parte esencial del levantamiento de suelos. Debido a que su forma y contenido dependen de los propósitos que se persigan, estos deben de antemano comprenderse a cabalidad. El informe no es una tarea adicional después de terminarse el mapa; debe ser desarrollado junto con el levantamiento del campo. Para un levantamiento básico de suelos

(4) A título de ejemplo, puede verse KELLOG, CHARLES E., y NYGARD, IVER J. EXPLORATORY STUDY OF THE PRINCIPAL SOIL GROUPS OF ALASKA, U. S. Dept. Agr. Agr. Monog. N° 7, 138 pp., ilus. (map) 1951. Washington, F.C.

de uso general, deben incluirse en el informe una relación completa y exacta de todas las características edáficas esenciales y de sus variaciones haciendo caso omiso de los objetivos prácticos inmediatos que se vayan a servir. Los edafólogos en el campo deben conocer todo lo que sea posible acerca de los usos probables del estudio, pero no deben en forma alguna ser prejuiciados por estos usos probables hasta el punto de omitir características significativas de los suelos únicamente porque parezcan de poca importancia relativa en el momento. Repetidas veces los levantamientos de suelos han sido de mucha utilidad para propósitos que los edafólogos que los hicieron nunca soñaron siquiera.

Si los hechos esenciales se registran, los mapas pueden ser interpretados fácilmente para los nuevos propósitos; de lo contrario el trabajo de campo debe volverse a realizar.

Los usos de los levantamientos de suelos aumentan tanto que a veces se necesita más de un informe. Para el lector lego, puede ser que lo único necesario sea la explicación e interpretación de aquello que se relaciona con su problemas inmediatos. Esto puede incluirse en el informe básico o puede también ser publicado por aparte. Estas exposiciones pueden revisarse de tiempo en tiempo, conforme cambian las artes agrícolas y las condiciones económicas. Estas revisiones pueden hacerse circular como suplementos. Puede ser que sea necesario también redactar informes especiales sobre asuntos de ingeniería u otras materias. Ordinariamente en los Estados Unidos la publicación de tales informes especiales está bajo la responsabilidad del instituto de investigación local que coopera, como las estaciones estadales de experimentación agrícola, más bien que a cargo del levantamiento de suelos federal.

Normalmente y conforme avanza el trabajo, el informe del levantamiento de suelos se va formando de las leyendas descriptivas de los suelos. Cuando se finaliza el levantamiento, las descripciones de los suelos estan ya completas. Los datos disponibles acerca de la geología, clima y agricultura se consiguen antes del levantamiento ya que son útiles para el desarrollo de la leyenda descriptiva y como guía para la toma de las notas de campo.

PROPOSITO DE LOS MAPAS E INFORMES DE SUELOS

El levantamiento de suelos incluye aquellas investigaciones necesarias para: 1.—determinar las características importantes de los suelos, 2.—clasificar los suelos en tipos definidos y otras unidades de clasificación, 3.—establecer e indicar sobre mapas las delimitaciones entre las clases de suelo y 4.—correlacionar y predecir la adaptabilidad de los suelos a los diversos cultivos, pastos y árboles, su comportamiento y productividad bajo sistemas de manejo diferentes, y los rendimientos de cultivos adaptados, bajo prácticas de manejo definidas.

El propósito fundamental de un levantamiento de suelos, como el de cualquier investigación, es el de hacer pronósticos. Aunque los resultados de la investigación de suelos están siendo aplicados en forma creciente a problemas de ingeniería, tales como el diseño y mantenimiento de carreteras, aeropuertos civiles y acueductos, sus aplicaciones se encuentran principalmente en el campo agrícola, incluyendo el forestal y pastoreo. Esta es la finalidad de las investigaciones.

Los miles de diferentes clases de suelo tienen requerimientos de manejo diferentes para una producción económica sostenida. Por centurias las familias de agricultores han aprendido lo mejor que ellos podían mediante tanteos, los métodos que daban mejores resultados en sus diversos campos. Este conocimiento pasaba de padre a hijo, pero no podía ser fácilmente trasladado a otras áreas, ni tampoco la experiencia de otras fincas podía ser aplicada con seguridad.

Con el desarrollo de la ciencia moderna, la agricultura se ha hecho continuamente más eficiente. El progreso ha sido fenomenal durante los cincuenta años desde que se inició en los Estados Unidos el levantamiento de suelos. Aún hoy el ritmo con que la eficiencia agrícola está aumentando mientras se escribe este **Manual** es autoacelerado. Los experimentos con suelos, plantas y animales se continúan en muchas partes del mundo. Nuevos sistemas agrícolas se están probando tanto en el terreno experimental como en la práctica. Fundamentalmente, la clasificación del suelo sirve como base

para la clasificación, síntesis y difusión de esos resultados de la investigación y la experiencia. Mientras progresa la ciencia agrícola, más importancia adquiere este trabajo. Las inversiones en maquinarias y materiales están aumentando por hectárea. La planificación de sistemas agrícolas para producción óptima sostenida debe hacerse con mucha antelación a las operaciones para que la ciencia moderna dé los mejores resultados posibles, con revisiones de estación en estación. La importancia de recomendaciones precisas — recomendaciones diferenciales de campo a campo y de finca a finca — va en aumento. Los mapas de suelos sirven como base para tales recomendaciones diferenciales.

Las plantas cultivadas y las prácticas de manejo del suelo son tan sensibles a las diferencias edáficas que el estudio de suelos adecuado para esta necesidad básica puede ser utilizado seguramente para un gran número de otros propósitos también; de hecho, ningún otro mapa de grandes áreas está hecho con tanto detalle y envuelve tantos factores significativos como un mapa de suelos.

SINTESIS DE DATOS AGRICOLAS PARA APLICACION A AREAS ESPECIFICAS

El levantamiento de suelos es parte integral de una investigación agrícola efectiva y para programas de asesoramiento. Es claramente imposible efectuar investigaciones detenidas y dispendiosas en cada campo y finca. Deben seleccionarse muestras representativas del terreno. El tipo o fase de suelo, definidos exactamente y nominados en un sistema normal, racional de clasificación, es la única base confiable, hasta ahora encontrada, para seleccionar tales muestras. Cada lote experimental es una muestra del paisaje y debe ser una muestra exacta y representativa de una clase de suelo que valga la pena tomar. Así el levantamiento de suelo tiene un papel importante en la planificación de la investigación, especialmente en la selección y localización de campos y fincas experimentales.

Los nuevos descubrimientos del trabajo experimental y de las fincas necesitan ser extendidos hasta otras áreas de suelos similares. Para el uso óptimo, los nuevos métodos deben ser probados ampliamente en los sistemas agrícolas. Conforme se prueban los nuevos descubrimientos, los resultados pueden ser clasificados por clases de suelo. Cuando sabemos que una cierta área de suelo pertenece al tipo Miami franco limoso, por ejemplo, una gran cantidad de investigación y experiencia agrícola está a la disposición para permitirnos predecir sus requerimientos de manejo, los varios cultivos que se le pueden sembrar y sus rendimientos, así como el efecto a largo plazo de los varios sistemas de manejo sobre su productividad.

Sin la ayuda de los resultados de una gran cantidad de investigación correlativa y de análisis cuidadosos de fincas, los edafólogos serían incapaces de hacer buenos pronósticos. En sentido contrario, es a través del levantamiento de suelos que los resultados de una multitud de otras investigaciones pueden ser aplicados con precisión.

A través del estudio y comparación de los tipos y fases de suelos — los cuales son definidos como conjuntos de características del suelo —, de los conjuntos de factores genéticos que los acompañan, y de los resultados sintetizados de los análisis de fincas e investigaciones correlativas, se desarrollan los principios generales del comportamiento del suelo para varias categorías de agrupaciones de suelos. Al remontarnos a más altos niveles de categorías de clasificación, desde el tipo de suelo hasta las series, familias, grandes grupos de suelos y tinalmente sub-órdenes, se reduce el número y precisión de las generalizaciones.

Para pronóstico y recomendaciones detalladas, el tipo de suelo o la fase dentro del tipo, constituyen la base más segura debido al margen estrecho de las características. Si se han de dar todas las interpretaciones posibles, esta es la única base segura, pero para algunas interpretaciones, como respuesta a la aplicación de cal o al peligro de la erosión, se pueden agrupar varios tipos y fases.

Debe hacerse hincapié en que los edafólogos, actuando estrictamente como científicos de suelos, hacen pronósticos más bien que recomendaciones. Las declaraciones de predicción y las tablas en un informe de levantamiento de suelos están dirigidos a pronosticar los resultados del uso de los tipos y fases del suelo en varias formas definidas. Pero la alternativa a ser recomendada en el caso de una finca específica en operación, depende de las condiciones económicas del medio en el que está la finca y de la habilidad, facilidades y gustos del administrador. También tenemos que para la mayoría de los suelos son posibles varias combinaciones de prácticas.

Teniendo un mapa de suelos exacto de una finca, las posibilidades de cultivo y manejo del suelo para esa finca se pueden desarrollar a partir de los pronósticos. Con un trabajo competente de levantamiento de suelos con pronósticos acerca de los otros factores de producción, alimentación del ganado, capacidad de desempeño de la maquinaria, protección de enfermedades, etc., y con una consideración adecuada de los factores económicos, se pueden desarrollar sistemas agrícolas óptimos (1). Declaraciones claras acerca de las alternativas posibles son necesarias a fin de que los consejeros agrícolas y los operadores de fincas puedan hacer las selecciones apropiadas entre ellas.

---

(1) Para una discusión del desarrollo de sistemas agrícolas óptimos, véase la obra de JOHN D. BLACK, et al. FARM MANAGEMENT, 1.073 pp. illus. New York 1947.

Debido a que las decisiones acerca de prácticas agrícolas se hacen dentro de millones y millones de unidades individuales de manejo, la clasificación debe ser lo suficientemente detallada para incluir todas características significativas del suelo — todos los rasgos básicos del terreno que afecten significativamente el uso y manejo del suelo —. Los mapas deben ser suficientemente detallados para indicar las áreas de suelos significativas para un sistema de manejo. Estas áreas se deben mostrar en forma precisa en relación con puntos locales de referencia señalados en el mapa y los cuales puedan ser reconocidos por quienes lo usen.

PLANIFICACION DE FINCAS

Los resultados del levantamiento de suelos y el de la investigación correlativa están siendo aplicados en forma creciente por el agricultor, a menudo con algún asesoramiento a través del desarrollo de un plan agrícola para su finca. Este plan, para ser útil, no tiene necesariamente que ser perfecto. Además del uso de cada campo, sus límites, los límites posibles y, más o menos, las estructuras permanentes como edificios, cercas, canales de drenaje e irrigación, terrazas, desagües, etc...

Las delimitaciones de los suelos pueden ser obtenidas del mapa de suelos; algunas de ellas pueden coincidir con ciertos límites del de campo. De hecho, una de las contribuciones mayores del mapa de suelos para la planificación de fincas, es la ayuda que da en la relocalización de las cercas o límites de los campos, para hacerlos mucho más uniformes. Un campo que contenga una sola clase de suelo puede ser manejado más efectivamente que uno que tenga dos o más suelos contrastantes. El uso de los diversos campos debía ser indicado provisionalmente con tanta anterioridad como fuera posible, con sistemas de cultivos de modo que se pueda cambiar cuando las condiciones atmosféricas fueran anormales o hubieran cambios significativos en las condiciones económicas.

Un buen plan agrícola va más allá de la disposición de los campos y el sistema de cultivo, incluye además el presupuesto de la finca. Tal presupuesto es muy importante como una prueba de la disposición física de la tierra. Los planes agrícolas para las fincas que han exigido cambios drásticos han fallado a menudo, a menos de que primero se les haya probado en relación con un presupuesto estimado. Para hacer un presupuesto, se requieren, por lo menos, inventarios generales de los alimentos que se tiene, maquinaria y ganado (2). Para la mayoría de las fincas, se pueden calcular varios planes alter-

(2) Véase la obra de JOHNSON[a] NEIL W. y BARNES, C. P., PLANNING FARM RETURNS. U.S. Dept., Agr. Yearbrook 1943-1947 (Science in farming): 905-910, Washington, 1947; y también Black J. D., et al. en la Bibliografía General.

nativos con sus presupuestos, cualquiera de los cuales puede mantener y mejorar los suelos.

El que se escoja depende de la habilidad, recursos y gustos de la familia del agricultor.

Es innecesario aquí entrar en la explicación detallada de un plan agrícola para fincas, excepto para señalar sus requerimientos, de modo que aquellos que hacen levantamientos de suelos detallados puedan estar seguros de que su trabajo será satisfactorio para el propósito perseguido. En la planificación, el hacendado y su asesor deben considerar las combinaciones del negocio que se adapten a la finca como un todo, las posibilidades de realización y las habilidades, recursos y gustos de la familia. Sin importar la forma en que se las anote, todas las fases del uso del suelo y las prácticas agrícolas están interrelacionadas. Con esto en mente, se da a continuación una lista, a modo de guía, de los elementos principales en el plan agrícola para producción sostenida, el cual depende total o parcialmente de la interpretación apropiada de las condiciones del suelo que se tomen en consideración en la clasificación y cartografía y en el informe del levantamiento.

1.—**Usos principales de la tierra.**—El plan debe balancearse entre los principales usos de la tierra — cultivos que requieren labranza, foresta y pastos — de acuerdo con la distribución de los suelos en la finca y los requerimientos de balance entre las varias actividades. En donde se produce ganado, la finca necesita un balance apropiado entre pastos y cosechas alimenticias. Las diversas operaciones agrícolas deben balancearse en relación con las posibilidades de mano de obra. Deben tomarse las previsiones necesarias, en donde ello es posible, para el huerto familiar tanto de legumbres como de frutales.

2.—**Sistema de cultivo.**—Se necesita un buen sistema de cultivos que encaje con las clases de suelo de la finca. Corrientemente debe cultivarse en rotación o cultivos mixtos. Deben usarse semillas de aquellas variedades que tengan la mayor resistencia a las enfermedades, tolerancia a las sequías, y mejores características en cuanto a producción y calidad. La mayoría de los suelos producen mejor con rotaciones que incluyan prados que tengan leguminosas de raíces profundas o mezclas de gramíneas y leguminosas.

3.—Métodos de labranza.— Los métodos empleados en la labranza deben tender a preparar los suelos para la siembra, apropiadamente y en tiempo, hacer el suelo receptivo al agua, incorporarle material orgánico, cal y fertilizantes a profundidad en donde fuere necesario y combatir las malas hierbas. En donde hay peligro de erosión eólica debe dejarse la superficie terrenosa y con desperdicios

de cosechas. A este fin hay muy buenas máquinas disponibles, entre las cuales pueden hacerse las mejores selecciones. En algunos tipos de suelo el arado de vertedera es el mejor, en otros no debe usarse.

4.—**Protección.**—Tanto a los cultivos como al ganado debe brindarse la protección necesaria contra los vientos, insectos y otras amenazas. A menudo es importante conocer si el suelo puede ser usado para fajas boscosas de protección.

5.—**Uso y distribución del agua sobre la tierra.**—Cada finca necesita un sistema ordenado de uso y distribución del agua. Muchas fincas tienen suelos bien drenados por naturaleza y lluvias de las cuales se puede depender, mientras que un gran número no tiene estas características. La escorrentía del agua de lluvia debe ser reducida a un mínimo por medio de plantas de crecimiento denso, fajas de cultivos, construcción de terrazas, o de otros modos, de manera que el agua sea absorbida por el suelo para aprovechamiento de las plantas y no se pierda o cause erosión. En suelos erosionables en donde las lluvias son intensas, a menos que el plan de manejo provea medios para control de la escorrentía y erosión, todas las demás prácticas pueden convertirse en nada. Aunque la cantidad de erosión que ha tomado lugar es ya significativa, lo importante es prevenir el peligro de la erosión, ya sea que haya habido mucha o no. Algunos suelos necesitan drenaje. Las tierras bajas necesitan protección de las aguas de inundación; muchos suelos responden al riego. Algunas de estas prácticas requieren esfuerzo colectivo, pero una gran parte puede ser hecha por el agricultor y su familia.

6.—**Uso y conservación de la materia orgánica.**—Grandes e innecesarias pérdidas de estiércol y de residuos de cosechas, tienen lugar debido a quemas, lixiviación y negligencia. A pesar de esto muchos suelos responden enormemente a la adición de materia orgánica. Parte del déficit en el uso de materia orgánica puede llenarse dentro del mismo sistema de cultivo por medio de la siembra de leguminosas de raíces profundas, de abonos verdes y cosechas de cobertura.

7.—**Regulación de la acidez.**—En suelos ácidos, el encalado es la primera cosa esencial con el fin de crear condiciones edáficas favorables para la disponibilidad de los nutrientes y para las leguminosas de raíces profundas. En las regiones de baja precipitación, se requieren medidas tendientes a eliminar el exceso de sales o álcali y para la prevención de su acumulación bajo condiciones de riego.

8.—**Fertilización.**—Puede ser necesario desarrollar un sistema de fertilización en el plan de la finca, para lograr las mejores combinaciones de los cultivos de más altos rendimientos. Debemos recordar

siempre que la fertilización ofrece magníficas oportunidades para aumentar la posibilidad de escogencia de los cultivos. No pueden recomendarse con precisión las cantidades de fertilizantes que deben usarse tomando como base únicamente el mapa de suelos: deben considerarse su uso previo y otros aspectos del sistema agrícola. Para la recomendación de cal y fertilizantes, es útil tener los resultados de análisis químicos apropiados, en áreas en donde se han desarrollado métodos dignos de crédito para estos análisis. Sin embargo el lector debe poder interpretar, del mapa e informe, los requerimientos generales de fertilizantes y la producción que se puede esperar de sistemas que incluyan su uso. No obstante, la necesidad de fósforo de un campo, dependerá también, por ejemplo, de las cantidades que han sido usadas en años anteriores y de otras fases del plan de la finca.

Estos aspectos de la planificación de fincas, están tan claramente interrelacionados, que las decisiones que se toman acerca de uno, intluyen sobre los otros. Las rotaciones de cultivos por ejemplo, dependen del encalado y fertilización y el peligro de erosión; los requerimientos de fertilizantes nitrogenados dependen parcialmente de las leguminosas que hayan sido cultivadas y del estiércol aplicado, etc.

La clasificación de las fincas puede ser de gran ayuda para el trabajo de asesoramiento y la planificación, especialmente en donde contrastan los suelos y los conjuntos mejores de prácticas a que son sometidos. Con un mapa de suelos detallado y la disposición de los límites de las fincas, se las puede agrupar de acuerdo con la cantidad y la clase de recursos de suelo, en clases de fincas de potencialidades y problemas similares. La necesidad de este tipo de clasificación aumenta en áreas en donde la variación local entre los suelos es mayor. En Iowa, por ejemplo, la necesidad es menos sobresaliente que en un Estado como Tennessee, en donde las variaciones locales son muchas y grandes.

CLASIFICACION DE LA TIERRA RURAL

Los resultados del levantamiento de suelos, son a menudo aplicados a través de una agrupación intermedia de los tipos y fases, a menudo llamada "clasificación de la tierra". Las unidades de suelo mostradas en el mapa pueden ser agrupadas en clase sobre una o varias bases tales como: 1.—grado de alguna característica como la textura, pedregosidad, pendiente o acidez; 2.—adaptabilidad a alguna cosecha o grupo de cosechas; 3.—productividad bajo cierto conjunto de prácticas de manejo; 4.—peligro de erosión y requerimientos generales para su prevención; 5.—posibilidades de riego y 6.—respuesta a la cal, fosfato, potasio u otros fertilizantes. Es más claro llamar a estas agrupaciones "grupos de suelos", que denominarlas

"clases de tierra", con el fin de evitar que se tome la palabra "tierra" en un sentido muy amplio. Los datos del levantamiento de suelos son a menudo usados para clasificar, con propósitos variados, extensiones de tierra definidas y geográticamene específicas como secciones o fincas, tal como aparecen en un estudio catastral. Se debe hacer una distinción clara entre la clasificación de arcos específicos de secciones, lotes y otras subdivisiones catastrales—a las cuales sí puede uno referirse con propiedad como clasificación de tierras, y la clasificación de la tierra en clases, tipos o clases independientemente de límites de propiedad o catastrales. En el primer caso, la distancia del mercado, extensión y otros factores pertinentes del medio institucional pueden evaluarse con alguna exactitud; mientras que la distancia al mercado o tamaño del área no son aplicables en la agrupación de suelos, permítasenos decir, de acuerdo con la productividad para cultivos adaptables, excepto en el caso en que el medio general social y económico fije el perímetro dentro del cual se permite hacer las agrupaciones. Nadie recomendaría, por ejemplo, que se realicen investigaciones ahora para determinar la productividad en arroz de los suelos de Maryland o de los de Hawaii para centeno o trigo sarraceno.

Multiformidad de las clases de tierra. — En cierto sentido, el levantamiento de suelos puede ser llamado clasificación de tierras. Aunque no incluye todas las características de lugar, ciertamente reconoce con más exactitud una mayor proporción de aquellas aplicables al uso local de la tierra que cualquier otro estudio efectuado sistemáticamente sobre grandes áreas. Sin embargo el término "clasificación de tierras" ha sido usado más comúnmente en referencia a algo mucho menos completo y detallado de lo que es un levanta miento de suelos moderno.

El término "clasificación de tierras" puede fácilmente volverse muy confuso. Los atributos de un área son excesivamente numerosos y su importancia varía enormemente en diferentes partes del mundo; a pesar de esto, cualquiera de los atributos o cualquier combinación de ellos puede escogerse como criterio para una "clasificación de tierras". La cuestión es peor; muchas "clasificaciones de tierras" son interpretaciones más o menos personales de combinaciones de atributos indefinidos, tasaciones económicas, o experiencias de uso, a menudo en relación a un patrón variable indefinido. Se ha clasificado la tierra teniendo en cuenta incumplimiento del pago de impuesto, condición de los edificios de la finca, vegetación en crecimiento, intensidad de uso, etc., como criterio de capacidad de uso u otras cualidades de la tierra, tanto en detalle meticuloso como en amplios rasgos.

Muchas de estas clasificaciones han sido de utilidad pero otras han sido más bien responsables de error, en parte debido a lo pasajero de los patrones que fueron usados en el trabajo y especialmente

porque los factores sobresalientes y vitales al propósito de la clasificación no se tomaron en cuenta.

El abuso de las clasificaciones de tierra tiene lugar a menudo al cambiar un método fijo para un suelo o región de cultivo a otro. Por ejemplo, en algunas áreas se ha encontrado una relación general entre la calidad del suelo para uso agrícola y la falta de pago de impuestos, debida parcialmente a la común sobre tasa de suelos que no responden. En tal área, la clasificación basada fundamentalmente en la falta de pago de impuestos, ya sea que la tierra esté deforestada, o no, puede dar una base aprovechable para la zonificación rural. Sin embargo, una clasificación similar falla lamentablemente en una área en donde haya mucha mano de obra para la deforestación o en donde los suelos que no responden no estén sobretasados. En algunas regiones de suelos existe una relación excesivamente estrecha entre la vegetación nativa y los agrupamientos de suelos basados en la productividad de las clases de suelo para cultivos. A pesar de esto únicamente a 100 kilómetros de ahí, con una pequeña diferencia en clima, la especie "buena indicadora" se adentra bastante en suelos no apropiados para agricultura. Ya que las plantas crecen como resultado de una combinación de condiciones, no se pueden tomar como índice exacto del clima o del suelo. Se podrían citar centenares de ejemplos de errores similares.

La clasificación de la tierra basada principalmente en el uso presente del suelo es tal vez la que más puede conducir a error. A pesar de esto puede también ser de mucha utilidad. Muchos factores institucionales, económicos e históricos, además de la productividad del suelo, se han combinado para determinar el uso presente. El uso intensivo no significa necesariamente que los suelos responden mucho, que los cultivos están adaptados o que los sistemas agrícolas son óptimos. En el mundo hay grandes áreas de suelos que responden, las cuales permanecen sin uso principalmente porque carecen de medios de comunicación, o industrias, o debido a accidentes de colonización; pero los mapas de uso de la tierra, especialmente en donde la intensidad de uso puede interpretarse a partir de ellos, pueden ser de utilidad como suplemento de los mapas de suelo. Por medio de la comparación de los dos mapas puede descubrirse lo que los cultivadores han encontrado posible hacer y que áreas se usan con menor intensidad de lo que pudieran. Tales comparaciones brindan un punto de partida en la búsqueda de obstáculos para el uso óptimo del suelo, muchos de los cuales pueden resultar que sean económicos o institucionales.

Para muchos, otra fuente de confusión en la clasificación de tierras ha sido la búsqueda de una clasificación simple, general, de acuerdo con las características y posibilidades de uso de la tierra. Una clasificación de este tipo se considera hoy imposible, a pesar de los buenos deseos expresados en la primera edición de este Manual y en otras partes. Si la clasificación es simple, los factores per-

tinentes necesariamente deben omitirse. El número de series de suelo significativamente diferentes, únicamente en el territorio continental de los Estados Unidos, llega a millares. Hay aún más en los trópicos. Entonces, cuando agregamos a esto las distinciones de fases necesarias para mostrar las variaciones dentro de los tipos, el número de clases de suelos se hace mucho mayor. Además del suelo, como se le define en este **Manual,** existen variaciones climáticas, las cuales son de significación para el crecimiento de las plantas dentro del medio, aún dentro de algunos tipos de suelo. Se pueden esperar toda clase de variaciones en la vegetación. De este modo, la clasificación no puede ser simple, excepto para un sólo propósito estrecho y definido. Como se ha explicado ya, es mucho más barato, generalmente, hacer un levantamiento de suelos básico, del cual se puedan derivar un gran número de agrupaciones simples o "clasificaciones de tierras", por medio de interpretación, que tratar un objetivo inmediato cada vez en estudios aislados.

No puede hacerse una clasificación o agrupación general. Una agrupación hecha principalmente para indicar el peligro de erosión y para la planificación de su control no servirá por ejemplo, como una agrupación adecuada para fijar impuestos. Fallará con respecto a un propósito u otro. Aun con un levantamiento de suelos altamente detallado en la mano, puede ser necesario para algunos tipos de clasificación, realizar un reconocimiento sobre la existencia actual de maderas o tal vez un mapa detallado de la disposición de los campos y uso de la tierra. Aún para otros propósitos se requiere investigación adicional para establecer costo de drenaje, riego o deforestación. Para conseguir todos estos datos al mismo tiempo que se realiza el levantamiento de suelos detallado, sobre la base de que pudieran ser de utilidad algún día tendríamos para el estudio precios de costo fuera de lo razonable.

Las agrupaciones por capacidades de uso pueden ser sacadas de un buen levantamiento de suelos con la investigación correlativa adecuada; pero tales agrupaciones están destinadas a ser transitorias y necesitan modificación con cambios en las artes agrícolas, especialmente en áreas nuevas o no desarrolladas.

Entre los mapas de suelos y la clasificación de tierras ha surgido alguna confusión debido a la aseveración de hace veinticinco años o más cuando los suelos eran definidos en términos únicamente de perfiles (Lamentablemente hubo algunos en el personal del Servicio de Levantamiento de Suelos de los Estados Unidos que también cometierón una vez este error). En realidad, como se ha explicado ya, los levantamientos de suelos comprenden la clasificación y el levantamiento de paisajes, no simplemente de perfiles. Algunos que aceptaron la primera definición del tipo de suelo como un perfil, y quienes comprendieron que cualquier área levantada tenía en realidad una variabilidad de perfiles, intentaron vencer la dificultad concibiendo "tipos de tierra" o "tipos naturales de tierra" como unidades

cartográficas en términos de perfil de suelo, pendiente, pedregosidad, profundidad (incluyendo el truncado por erosión), y cosas por el estilo. Tal definición de "tipo de tierra" no es necesariamente diferente del concepto presente de "tipo de suelo". Pero algunos fueron aún más lejos e incluyeron, bajo el mismo nombre, otras unidades cartográficas hoy reconocidas como fases o complejos. Esto condujo a una gran confusión, especialmente en ausencia de nomenclatura y definiciones para diferenciar clases o agrupaciones de los "tipos de tierra". Aproximadamente en lo posible, estos "tipos naturales de tierra" pueden ser colocados en la clasificación de suelos como: 1º tipos, tal y como se definen hoy, en términos de todas las características, incluyendo la pendiente, pedregosidad, profundidad, tanto como el perfil del suelo; 2º fases de tipos y 3º asociaciones (o complejos) de series, tipos o fases de suelo. Por medio del uso de unidades definidas en la clasificación de los suelos, se puede avanzar en una abstracción ordenada hasta los grupos taxonómicos superiores y las asociaciones de suelos para mapas generalizados.

Es claro que es mejor usar la clasificación y la nomenclatura del suelo desde el comienzo hasta el final (3). Entonces los resultados de la investigación y experiencia pueden ser utilizados a todos los niveles de generalización. Es difícil encontrar la necesidad de los "tipos naturales de tierra". Suponiendo que los "tipos de tierra" pudieran ser estandarizados de alguna manera y que los resultados de la investigación pudieran ser relacionados con ellos, aún permanecerían como bases inadecuadas para la clasificación genética. Es por esto que debemos recurrir a la clasificación del suelo. El progreso futuro de la clasificación taxonómica de la tierra parece residir fundamentalmente en el mejoramiento de nuestra clasificación de suelos y en la inclusión de mejores definiciones de las categorías, las unidades individuales de las categorías y las asociaciones geográficas de las unidades taxonómicas. No parece haber otra base digna de confianza para una clasificación científica. Se podría desarrollar, concebiblemente, un sistema no genético basado totalmente sobre la morfología, pero las perspectivas son oscuras.

Clasificación de unidades sociales de tierra. — El solo término "tierra" en sí mismo connota uso. Las clases amplias de uso incluyen: 1º — agricultura, 2º — pastoreo, 3º — silvicultura, 4º — recreación, 5. — minería, 6. — urbano, 7. — servicios públicos (carreteras, ferrocarriles, aeropuertos, líneas eléctricas de alto voltaje, cementerios, etc.) 8. — preservación de la vida silvestre y 9. — protección (tierra manejada para proteger los abastecimientos de agua u otras tierras). Algunas de estas clases se combinan a menudo, como

---

(3) Excepto para tipos misceláneos de tierra tal y como se les define más adelante.

por ejemplo: forestal, protección, recreación y preservación de la vida silvestre. Además, algunas tierras son esencialmente incapaces de producir cosas o servicios de valor y pueden ser llamadas **tierras inútiles.** Puede agregarse aún otra clase **—tierra ociosa—** o sea tierra capaz de producir pero la cual no está en uso.

El levantamiento de suelos tiene que ver primariamente con las tres primeras clases de uso: agrícola, de pastoreo y forestal, pero también tiene que contribuir grandemente para los planes de manejo de otras. Ciertas clases de suelo pueden ser usadas en algunas de estas clases generales de uso solamente; esto es que algunas no son utilizadas para cultivo, pero pueden ser usadas para pastoreo o silvicultura. Otras clases de suelo pueden ser usadas en cualesquiera de las formas mencionadas, excepto tal vez para minería. Así a menudo la misma clase de suelo puede explotarse de varias formas dentro de estas amplias clases de uso. Generalmente desde luego, la gente tiende a usar los suelos para el uso más intensivo para el cual son capaces económicamente. Pero hay muchas excepciones. Usualmente los suelos no adaptables a cultivo se usan para silvicultura, parques recreacionales y cosas por el estilo; pero en una comunidad densamente poblada, puede haber suelos altamente productivos, una parte de las cuales tal vez tenga que ser usada como bosque para leña, parques y servicios públicos.

En la clasificación de unidades de explotación—fincas, hatos o estancias, bosques, potreros o huertos—de acuerdo con la productividad potencial o las posibilidades de riego, digamos, por ejemplo, para tasa de impuestos, se pueden hacer suposiciones de la clase de uso. La determinación de la clase de uso de un lote determinado es parcialmente un asunto de la productividad potencial de las clases de suelo y parcialmente un asunto de su posición geográfica y tamaño en relación con otras clases de suelo, con los caminos existentes o propuestos, con los canales, pozos, mercados y con otros lotes de tierra.

Por ejemplo, no se puede asignar a un área de suelo uso para cultivo, a menos que sea suficientemente grande para constituir una unidad económica. Así en regiones de suelos adaptables predominantemente para pastoreo o para uso forestal, áreas pequeñas de suelos bien adaptados a cultivos deben destinarse al uso dominante, excepto en el caso de que estén estratégicamente localizados en los centros de operación de un hato o de una empresa forestal. Los suelos apropiados para pastoreo no pueden ser usados, al menos con intensidad completa, si no disponen de buen abastecimiento de agua. Por otra parte, una pequeña área de suelo apropiada únicamente para pastoreo o bosques, pero rodeada de una extensa área de suelo adaptable para cultivos, puede ser poco menos que tierra inútil si no se puede desarrollar para ella un plan de manejo económico.

Aunque la distancia al centro de consumo no afecta directamente la clasificación taxonómica de los grupos de suelo o clases

de tierra, pueden afectar enormemente la clasificación de las unidades sociales de tierra. Como un simple ejemplo podemos imaginarnos una extensa área de suelos castaños bien -adaptables a un conjunto corriente de cultivos, que se extiende a partir una estación de ferrocarril. En los primeros 7 a 9 kilómetros pueden sembrarse papas en la rotación. A mayores distancias del mercado, puede dominar el trigo, primero para venta directa y luego, en proporción creciente, para alimentación del ganado. Finalmente, se alcanza un punto en donde esencialmente todas las cosechas, tanto forrajes, como granos, se venden transformadas en ganado. De un análisis de producción y costos de mercados se puede preparar un cuadro que muestre el porcentaje de reducción en la valoración básica de las unidades debido al factor distancia. La distancia también debe ser corregida de acuerdo con las facilidades de transporte: los malos caminos deben contar más que los buenos. Las relaciones entre la distancia efectiva y el factor de valoración se expresan mediante una ecuación diferencial de segundo orden, no una lineal ya que las diferencias en costos de mercadeo por acre de tierra de cultivo entre, digamos, 7 y 9 kms. son mucho más grandes que aquellos entre 55 y 57 kms. debido a la diferencia en uso (4). Cuadros similares se necesitan para unidades de tierra con disponibilidades de agua intermitentes.

El contraste entre la clasificación taxonómica simple del terreno y la clasificación de lotes específicos puede ilustrarse en un sistema diseñado para la clasificación del terreno de acuerdo con las posibilidades de riego. Como primer paso, se hace una clasificación y mapa detallado para el área. Con el propósito de planificar la disposición del proyecto, se agrupan los suelos de acuerdo con sus posibilidades de arada bajo irrigación, sin considerar la ubicación dentro del área. Tal agrupación de suelos o "clasificación del terreno" y mapa, predicen cuales serán los resultados del riego en todas las partes del área. Luego vienen las preguntas acerca de la accesibilidad de lotes específicos de suelos arables o carreteras y canales y acerca de la combinación de las múltiples áreas de suelo en unidades agrícolas. Algunas zonas no pueden regarse económicamente a pesar de su ubicación, debido a que no responden o a que son susceptibles de deterioro; otras son altamente adaptables excepto en pequeñas áreas aisladas que no pueden ser alcanzadas económicamente o que no pueden encajarse en una unidad agrícola; y áreas de otras clases de suelo son llamadas "irrigables" si se les puede dar agua convenientemente y "no irrigables" si los costos son altos.

Así dos mapas totalmente diferentes de la misma área, ambos precisos, podrían denominarse con el mismo título: "clasificación de

---

(4) Tal ecuación y su desarrollo se explica en A METHOD OR RURAL LAND CLASSIFICATION, por Charles E. Kellog y J. K. Ableiter U.S. Dept. Agr. Tech., Bul. 469, 30 pp. ilus. 1935.

la tierra de acuerdo con las posibilidades de riego". El primero representa la distribución de grupos taxonómicos y puede ser llamado mejor, tal vez, "una agrupación de suelos de acuerdo con su posibilidad de arada bajo riego". El segundo mapa puede, hecho sobre la base del primero, con consideración de los factores adicionales de ubicación, ser una clasificación de áreas geográficamente definidas puede ser llamado, tal vez, "una clasificación del terreno de acuerdo con sus posibilidades de riego. Este segundo mapa es hecho siguiendo un desarrollo igual al del primero y teniendo como base un levantamiento de suelos detallado. Además de servir este propósito inmediato de desarrollo de la clasificación del terreno de acuerdo con sus posibilidades de riego, el estudio de suelos detallado se usa para desarrollar sistemas individuales de cultivos y prácticas óptimas de manejo para clases específicas de suelos agrupadas en clases más generales.

Para la clasificación de áreas de terreno de localización geográfica específica se deben tomar en cuenta ordinariamente, aquellas características locales que influyen sobre las decisiones entre las clases de uso de la tierra y las decisiones acerca de la intensidad relativa de uso dentro de las clases. En la clasificación de tierras para tasa de impuestos, por ejemplo, las unidades de suelos —tipos y fases— se clasifican primero de acuerdo con su productividad bajo sistemas de manejo alternativos, dentro de cada clase de uso, y sobre una base taxonómica. En segundo lugar se determinan las clases de uso de los trechos geográficos —secciones, o fincas. Muchos lotes tienen mezclas de las clases de uso, digamos de cultivo y pastoreo. En tercer lugar las clasificaciones de los grupos taxonómicos, dentro de las clases de uso para cada lote geográfico de tierra se ajustan de acuerdo con la distancia al mercado, abastecimiento de agua, etc. ya que éstos influyen sobre la producción potencial.

Esta breve discusión se ha limitado únicamente a tratar unos pocos principios y ejemplos, pero se desea que los lectores puedan probar los viejos esquemas de "clasificación de tierras" y los nuevos que seguramente se propondrán. Discusiones ulteriores serían escasamente apropiadas en este **Manual.** No existen guías generales para la "Clasificación de tierras", en parte debido a la amplia variedad de actividades que son incluídas, por algunos al menos, bajo este término.

AVALUO DE TIERRAS

Los avalúos de tierras rurales para determinar su valor como hipoteca colateral, o para tasa de impuestos, pueden considerarse como clases especiales de clasificación de la tierra. Las unidades sociales de tierra, principalmente las fincas, se avalúan en términos de la producción potencial dentro del medio legal e institucional.

Tasa de impuestos.—Algunos de los métodos esenciales de clasificación de la tierra para tasa de impuestos, se han esbozado como ejemplo bajo el título Multiformidad de Clases de Tierra. Para un trabajo preciso se requiere básicamente un levantamiento de suelos detallado, éste debido en parte a la necesidad de indicar los factores pertinentes en relación con los límites de las fincas, y en parte a que será necesaria ajustar de vez en cuando estas tasas conforme cambian las condiciones.

Si se toma nota de los factores edáficos fundamentales, como se hace en un levantamiento básico, se puede, a la luz de las condiciones cambiadas hacer fácilmente las reinterpretaciones y reagrupaciones en una forma ordenada. Pero cuando las anotaciones no son sino apreciaciones de la productividad del suelo o de grupos de suelos basados en tales apreciaciones cada revisión requerirá un nuevo levantamiento completo. Como ejemplo permítasenos tomar un levantamiento de suelos modernos detallado que indique unas 150 clases separadas de suelos para alguna zona, digamos un distrito. Estas unidades pueden agruparse en cinco o diez clases de productividad o en cualquier otro número de clases, de acuerdo con la exactitud requerida y con la disponibilidad de datos precisos para valorar las diferencias de respuestas al manejo. Si a pesar de esto únicamente esas clases aparecen en el mapa, pronto se vuelve anticuado. Pero si aparecen los tipos y fases de suelo exactamente, las agrupaciones pueden ser reajustadas y hacer revisiones en el avalúo de lotes específicos sin necesidad de elaborar un mapa adicional.

Además del recurso básico de suelo, puede que en el avalúo se necesite una estimación de las bienhechurías de la finca—edificios, cercas y cosas por el estilo — de acuerdo con las leyes estadales que lo regulan. En algunos Estados no hay impuestos sobre las mejoras; pero en la mayoría sí. Si estas mejoras se avalúan en términos de los valores de salvamento, puede llegarse a resultados absurdos, digamos por ejemplo, en donde propietarios anteriores han construido edificios más grandes y elaborados de lo que requiere la unidad agrícola. La ley pide a menudo que la tierra sea valorada de acuerdo con su productividad en el uso más intensivo posible, digamos para agricultura, aunque en realidad se use para pastoreo extensivo o bosque. En los diversos Estados, estatutos especiales pueden permitir algún margen al uso presente. Las leyes varían ampliamente en cuanto al valor relativo que debe darse en el avalúo al uso potencial de la tierra agrícola para residencias urbanas o sub-urbanas. Es presumible que la forma ideal de efectuar los avalúos es hacerlos de acuerdo con la productividad potencial que difiere bastante entre propiedades.

Todo el mundo comprende que los impuestos excesivamente altos no son justos. Una gran parte de la tierra que ha vuelto a manos del Estado, debido a deudas de impuestos, hubiera permanecido en

manos de particulares si se las hubiera valorado razonablemente con base a su productividad en usos como pastoreo y forestal, en vez de haberlo hecho sobre una presumida productividad agrícola. Pero también los impuestos muy bajos son injustos, pues puede permitir a los especuladores acaparar tierra no desarrollada o desarrollada parcialmente, y que se necesita para colonización, a bajo o ningún costo. Ellos aspiran vender o usar más tarde esa tierra con gran ganancia.

Antes de que se pueda desarrollar un trabajo apropiado de agrupaciones de suelos y valoraciones posibles de los varios grupos de uso, y especialmente antes de que se intente valorar las unidades sociales, se debe hacer un estudio de las leyes comunes y estatutos que influyen sobre el avalúo. Una vez hecho ésto, se pueden desarrollar planes apropiados y hacer valoraciones ajustadas de los grupos taxonómicos, en relación con las combinaciones de las características presentes que es necesario considerar en cada propiedad dentro del área. Casi todas las áreas presentan problemas especiales.

Avalúos para préstamos.—Un mapa de suelos exacto y detallado con valoraciones de los tipos y las fases individuales de acuerdo con las potencialidades de cultivo, rendimientos estimados y efectos a largo plazo de los sistemas de manejos posibles, suministra la mejor base para estimar la productividad de una finca y su valor básico a largo plazo. Es desde luego útil tener también todos los registros del negocio agrícola particular.

El avalúo de una finca no puede basarse únicamente en el suelo. Deben considerarse también la distancia al mercado y otras características de ubicación en la medida que ellas afecten las clases de uso y la productividad de la unidad agrícola.

Es necesario valorar los edificios, cercas y otras mejoras en relación al uso potencial de la unidad agrícola, así como también el abastecimiento de agua, malas hierbas y cosas similares.

A la par del valor básico de la tierra y sus mejoras en relación con el uso potencial, el avaluador de préstamos difícilmente puede evitar tomar en cuenta al presunto administrador y su habilidad en relación con las potencialidades de la finca.

POBLAMIENTO DE LAS TIERRAS NUEVAS

Por siglos, el poblamiento de la tierra se ha basado en tanteos, los que fueron suficientemente afortunados para encontrar suelos que responden, en una extensión suficientemente grande para un desarrollo efectivo de comunidad, y capaces de adaptar sus prácticas a clases de suelos desconocidos para ellos, tuvieron éxito. Muchos miles de pobladores no tuvieron tanta suerte, su trabajo o esfuerzo fueron en vano y así malgastaron la mayor parte de sus años productivos.

Por medio del uso de los levantamientos de suelos puede evitarse en mucho estos derroches, por lo menos los debidos a suelos inapropiados y a falta de conocimiento anticipado acerca de las prácticas de manejo del suelo que deben seguirse. Claro que hay algunas excepciones constituídas por clases de suelos poco conocidas y nunca usadas antes por el hombre civilizado equipado con las herramientas y servicios de la industria moderna. Pero el número de éstos es realmente pequeño fuera de los trópicos.

Debe recalcarse sin embargo, que el levantamiento de suelos de una área nueva no desarrollada debe correlacionarse con las condiciones de suelos de área conocidas. En las nuevas áreas los pronósticos necesarios para adaptabilidad de cultivos, de producción y requerimientos de manejo, deberán basarse sobre los resultados de la investigación y experiencia agrícola adquiridos en suelos similares de cualquier otro lugar, aunque tal vez no idénticos.

En la planificación de una comunidad el mapa de suelos es útil para la localización de caminos, escuelas y otros servicios públicos a fin de mantener los costos a un mínimo y permitir un poblamiento tan ordenado y compacto como sea posible. El poblamiento atrochemoche, con pobladores individuales alejados uno del otro, aunque en suelos apropiados, trae serios problemas sociales y resulta en altos costos para facilidades médicas, trasporte y escuelas.

En una área nueva corrientemente el mejor procedimiento es hacer un mapa de reconocimiento o de asociación esquemática de suelos (como se ha definido ya) utilizando los datos existentes y las observaciones diseminadas, a fin de identificar los lugares más promisores para poblamiento. Este mapa sirve como base de una planificación amplia de carreteras y otros servicios públicos. Luego debe venir el levantamiento de suelos detallado en las varias partes del área de acuerdo con la prioridad de desarrollo, considerando el carácter del suelo y otros factores de importancia. Fuera de estas consideraciones, el uso del levantamiento de suelos en proyectos de poblamiento no tiene diferencias con el que se hace de él en las áreas pobladas.

GUIA PARA PRESUNTOS COMPRADORES DE FINCAS

El moderno mapa e informe de suelos suministra al presunto comprador de una finca más información pertinente, sobre la cual tomar una decisión, que cualquier otra publicación. Este es un punto importante que deben tener presente aquellos que escriben los informes de levantamientos de suelos. A este respecto, una parte del uso del levantamiento es paralelo a su uso para avalúo de tierras con el fin de concesión de préstamos, que ya se ha esbozado brevemente. Además da un cuadro de la tierra de los alrededores y de la potencialidad de desarrollo colectivo. El mapa e informe de suelos

ayudan al posible comprador a escoger el área en la cual desea comprar, aun antes de que llegue a considerar una finca particular. El informe explica los sistemas seguidos por otros finqueros, los cultivos, las facilidades de mercado, etc. En resumen, el informe y mapa del levantamiento deben dar al presunto comprador un cuadro claro de los principales problemas y potencialidades de la zona.

El posible comprador, después de leer en un mapa las clases de suelos de la finca que pueda tener en consideración, puede consultar las tablas de pronóstico de producción y los requerimientos de manejo y puede así desarrollar un plan agrícola provisional con estimaciones de presupuesto de gastos y entradas, los cuales para mayor exactitud deben ser ajustados tomando en cuenta diferencias de suelos debidas a uso y manejo de los suelos en el pasado. En donde sea posible, debe hacer comparaciones como prueba adicional, entre estas estimaciones y otros presupuestos de fincas similares.

No importa la exactitud del mapa de suelos o lo completo de los datos que lo respalden, los compradores deben ser aconsejados en el sentido de visitar la finca antes de llegar a una decisión final. Hay factores que son importantes para una familia individual, los cuales son imposibles de describir por escrito o con números.

PLANIFICACION DEL USO DE LA TIERRA

La mayor parte de los operadores de finca tienen un plan general que los guía. Algunos granjeros tienen únicamente una simple distribución de cultivos para el año siguiente; otros tienen planes cuidadosamente preparados por escrito, con un mapa, para varios años, los cuales son revisados en cada estación. Conforme se usan más y más la ciencia y la tecnología para la producción óptima sostenida, se vuelve cada vez más importante la planificación individual de las fincas. Este tipo de planificación se llama corrientemente "planificación de fincas" ya que trata principalmente de las decisiones hechas dentro de los linderos de las fincas.

El término "planificación del uso rural de la tierra", por otra parte, se usa comúnmente para políticas y programas que afectan el uso de las tierras en una comunidad completa o una área que abarque muchas fincas individuales u otras unidades de operación. Ejemplos de lo anterior son los planes de riego o distritos de drenaje, sistemas rurales de transporte, líneas de distribución de energía eléctrica, estructuras para la defensa contra inundaciones, grandes represas, adquisición pública de tierras, zonificación rural y similares.

Muchas metas han sido señaladas y muchos planes distritales han sido hechos en forma conjunta por dirigentes rurales y consejeros agrícolas. Estos varían mucho en cuanto a detalle y fin per-

seguido (5). Para el mejor desarrollo de estos planes o programas es más útil un levantamiento detallado junto con un mapa de suelos con asociaciones cuidadosamente generalizadas. En vista de que el levantamiento para planificación de fincas debe ser detallado, es difícil obtener una visión de los recursos edáficos de la comunidad total y de las partes contrastantes de los condados, excepto con un mapa de asociaciones de suelos obtenido por generalización del levantamiento detallado. Para muchos fines de planificación, es útil a los que emplean estos estudios tener las delimitaciones de las asociaciones de suelos en copia transparente a objeto de usarla sobre el mapa detallado y también separadamente, con un mapa a escala más pequeña, que muestre los caminos, digamos en una escala de cerca de 1: 60.000 o 1: 100.000. Como ya se ha señalado anteriormente, la experiencia obtenida en fincas modelo de investigación, fincas de demostración, y del análisis de otras fincas, puede ser condensada mediante la asociación de suelos con el fin de guiar los programas asesores y otros programas públicos destinados a eliminar las dificultades para una producción económica sostenida.

La planificación del riego.—Para la planificación de áreas de riego se requiere un mapa de suelos especialmente detallado. A menudo este es un mapa difícil de realizar debido a que es necesario considerar las características en relación a un medio muy distinto al natural. Capas profundas que contienen sales solubles o que son impermeables y las cuales pueden tener muy poca o ninguna influencia sobre el suelo bajo condiciones áridas o semi-áridas, pueden ser muy importantes en su comportamiento bajo riego. Suelos bien drenados por naturaleza, pueden volverse cenagosos cuando se les agrega agua extra. El levantamiento debe predecir esas condiciones, si ellas pueden ser superadas o no y por medio de qué métodos.

En este caso también se necesitan mapas generalizados basados en los detallados, con el fin de planificar la conducción y las facilidades del agua en el área total y para llegar al mapa final de posibilidades de riego, tal y como se explicó previamente cuando se trató sobre la clasificación de tierras.

---

(5) Se ha desarrollado un gran número de ellos y éste no es un lugar apropiado para revisar este trabajo en detalle. Un ejemplo reciente, entre un gran número, es el que ya se ha citado, MONTGOMERY COUNTY (Alabama) FARM PROGRAM (c. 1947). Un plan rural pionero fue publicado por Lee Roy A. Schoenmann como LAND INVENTORY FOR RURAL PLANING IN ALGER COUNTY, MICHIGAN (Mich. Acad. Sci. Arts and letters 16: 329-361, illus. 1932) basado en el SOIL SURVEY OF ALGER COUNTY (U.S. Dept. Agr., 1934). Otros ejemplos son: LAND USE CLASSIFICATION IN MIDLAN COUNTY, MICHIGAN, LAND-USE PLANNING REPORT (Burg. Agr. Econ., U.S. Dept. Agr. and Mich. State Col. 1940) y AGRICULTURAL PLANNING, VALLEY COUNTY, MONTAÑA. (Bur. Agr. Scon., U.S. Dept. Agr., and Mont. State Col. 1941).

La planificación del drenaje.—En principio, la planificación del drenaje es similar a la del riego. En este caso también, características edáficas de poca influencia bajo condiciones naturales se vuelven de mucha importancia cuando se aplica drenaje al suelo. Muchos proyectos de drenaje costosos han fallado debido a que los suelos, una vez drenados, eran improductivos. En algunos casos, los suelos eran muy arenosos y después de un breve período de cultivo, la materia orgánica desapareció y los suelos se volvieron demasiado sueltos y secos en el verano para el crecimiento de los cultivos. Otros tenían suelos orgánicos tan ácidos que se necesitaban enormes cantidades de cal para elevar el pH al nivel necesario para la producción de cosechas. Estas adiciones de cal, además de ser costosas, a menudo han empeorado el problema de deficiencia de otros nutrientes debido al desequilibrio ocasionado por la incorporación de cal.

El drenaje de turberas origina problemas que requieren la atención especial de los equipos que realizan los levantamientos de suelos. Después del drenaje, los suelos orgánicos a menudo se encogen y asientan en forma irregular, razón por la cual falla a menudo el drenaje con tubos de arcilla o cemento; los tubos pueden salirse de posición. En los levantamientos de suelos en donde se propone el drenaje de tales tierras, es posible a través de sondeos y estudios de los materiales profundos, predecir los asentamientos y recomendar medidas por medio de las cuales se evitan dificultades. A menudo es necesario arreglar el sistema de tal modo que la capa freática se mantenga casi constante a través de drenaje y subirrigación combinados, aún usando los mismos canales.

Adquisición de tierras para fines públicos.—La compra de tierras necesarias para cuadrar o completar bosques Nacionales o Estadales para distritos de pastoreo o para el desarrollo de parques públicos, necesita planearse en relación con las capacidades de uso del área total afectada por las unidades por comprar. El levantamiento de suelos detallado es base esencial para el avalúo de parcelas individuales, máxime si se le suplementa con un mapa generalizado de asociación de suelos para la planificación de los límites del proyecto. Tales compras pueden tener una influencia pronunciada sobre el desarrollo de comunidades y por medio de planificación adecuada, pueden reducir el poblamiento diseminado o al menos pueden ayudar a los fines de zonificación rural.

La planificación de grandes represas para embalse de agua.—Deben tomarse en cuenta los efectos que sobre el uso de la tierra tienen las posibles localizaciones y las diferentes alturas de embalse. Por medio del establecimiento de las varias cotas de inundación en el mapa detallado de suelos se pueden hacer comparaciones exactas. De esta manera es posible encontrar que una de las alternativas pue-

de inundar mucho más suelo productivo que otra. Entonces, después de que se ha establecido la línea de inundación, con un mapa detallado de suelos se pueden desarrollar planes de reorganización del uso económico de todas las unidades agrícolas parcialmente inundadas, de modo de mantener la "línea" de toma" (la línea bajo la cual se adquiere la tierra) tan cerca de la línea de inundación como es posible y así restringir a un mínimo el área de tierra no usada o tierra pública alrededor del embalse. En las márgenes de algunos embalses, algunas áreas de tierras altamente productivas se inundan sólo ocasionalmente; tales zonas pueden ser usadas ventajosamente para cultivo en gran parte del tiempo si se agregan a una unidad agrícola económica. Con un levantamiento detallado esta planificación se puede realizar en forma ordenada.

Planificación de medidas para reducción de inundaciones.— A menudo la planificación de medidas para la reducción de las inundaciones comprende el estudio de las condiciones edáficas de toda la región de las cabeceras, que permita estimar los coeficientes de infiltración de escorrentía, y los efectos del manejo de la tierra y de las estructuras sobre la escorrentía y erosión. Deben calcularse los costos y beneficios de los diferentes planes posibles. El levantamiento de suelos detallado, suplementado con un mapa generalizado de asociaciones de suelos, suministra una gran parte de los datos básicos para tal planificación. Para resultados precisos es esencial un conjunto completo de pronósticos de rendimiento bajo sistemas posibles de manejo para cada unidad cartográfica.

Zónificación rural.—Los gobiernos municipales a menudo crean ordenanzas para promover el uso ordenado de la tierra (6). Los caminos, escuelas y otros servicios sociales para fincas diseminadas en áreas generalmente no apropiadas para agricultura son muy costosos para los demás contribuyentes. Tales pobladores aislados a menudo aumentan los peligros de incendios forestales. Por medio de la delimitación de las áreas apropiadas principalmente para uso forestal, pastoreo y recreación, en las cuales no se permite la explotación agrícola los caminos y escuelas para la comunidad pueden planificarse en forma más eficiente. Los mapas de suelos precisos junto con las interpretaciones de capacidad de uso suministran sanas bases para el desarrollo de tales ordenanzas.

Estos pocos y breves ejemplos tienen como fin dar al lector una idea de los usos a que se destinan los levantamientos de suelos en la planificación del uso rural de la tierra. Todos ellos no se pueden

---

(6) Véanse los libros siguientes: ELY, R. T., y WEHRWEIN, G. S. LAND ECONOMICS. 512 pp., illus. New York 1940 y WEHRWEIN, G. S. THE ADMINISTRATION OR RUAL ZONING. Jour. Land and Pub. Util. Econ. 19: 264-291. 1943.

anticipar; pero cuando se inicia el levantamiento de suelos de una zona cualquiera, los supervisores deben estar alerta en cuanto a cualquiera de estos posibles usos. Por ejemplo, aunque no exista todavía una ordenanza de zonificación rural en una región, si es obvio que se necesita para resolver serios problemas de manejo local de gobierno el levantamiento de suelos debe con anticipación, tomar muy en cuenta esa necesidad.

EVALUACION DE LAS POTENCIALIDADES PARA CULTIVOS ESPECIALES

La producción económica, uso y mercadeo de muchos cultivos especiales depende en volúmenes mínimos de la producción necesaria para mantener fábricas de enlatados (conservas), unidades frigoríficas u otras empresas especiales para el procesamiento y venta. Cuando una nueva empresa de esta índole se inicia en una comunidad, una extensa área, a menudo dividida en muchas fincas diferentes, debe ser desarrollada de inmediato junto con las facilidades de mercadeo y procesamiento. Al efecto pueden hacerse interpretaciones especiales de las unidades cartográficas de suelos para el cultivo específico y se pueden preparar mapas interpretativo del Mapa de suelos que muestren las clases de suelo de acuerdo con su capacidad de uso en relación al cultivo particular. Estos mapas sirven de base firme para la valoración de las potencialidades que existen en una comunidad para la empresa y para indicar, al mismo tiempo, los finqueros que pueden cooperar.

MANEJO FORESTAL

Los forestales se están dando cuenta en forma cada vez mayor de la importancia que tiene comprender los suelos y su relación con el crecimiento, composición del bosque y otros factores que afectan el manejo forestal óptimo. Aun la incidencia de ciertas enfermedades forestales, como las pequeñas manchas del pino "shortleaf" por ejemplo, están relacionadas con grupos de suelos. En el manejo forestal tanto como en el manejo agrícola el levantamiento de suelos hace posible la síntesis de los resultados de la investigación y la experiencia y la aplicación ordenada de los conocimientos disponibles.

USOS EN CONSTRUCCION

Los levantamientos de suelos están siendo usados en forma cada vez mayor en trabajos de ingeniería, especialmente en la planificación de carreteras y aeropuertos para la predicción de la capacidad de tráfico de vehículos pesados. Los hechos básicos acerca de los

suelos necesarios para predecir su comportamiento en los campos incluyen la mayor parte de aquellos que se necesitan para predecir su comportamiento como subgradientes o materiales de cimiento. Las diversas propiedades del suelo tienen importancia diferente para las dos interpretaciones — agrícola y de ingeniería — pero la misma clasificación básica sirve a ambas.

Los mapas detallados de suelos son útiles primero que todo en la planificación de la localización de estructuras y para predecir los problemas de construcción y mantenimiento que pudiesen presentarse. Especialmente en la ausencia de estudios geológicos detallados, los levantamientos de suelos son útiles para localizar materiales como arena, grava, arcilla y buen "suelo superficial" para cubrir taludes y otras áreas que deban ser sembradas.

Para la planificación detallada de carreteras y aeropuertos, se necesita usualmente un levantamiento altamente detallado en una escala de 1: 1.200, usando la misma clasificacón básica de suelos que se describe en este **Manual,** con los refinamientos que puedan ser requeridos, especialmente para indicar las propiedades físicas de los estratos profundos. Después que se hayan hecho las pruebas de ingeniería en los horizontes del suelo y se hayan clasificado por tipos de suelo, cada uno puede caracterizarse en tal forma que su comportamiento se puede predecir subsiguientemente sin pruebas extensivas. La clasificación hecha sobre las pruebas solamente, no relacionadas con los tipos genéticos de suelo, es de poca utilidad como base para pronósticos en sitios nuevos, los cuales será necesario someter a pruebas costosas y largas.

Debido a que la interpretación de la clasificación y mapas de suelos para propósitos de ingeniería es un campo altamente especializado en sí mismo, el lector puede dirigirse a un manual especial que trate de la materia (7), y a un sumario de levantamientos de suelos hecho en los Estados Unidos para lo que atañe a usos de ingeniería (8).

OTROS USOS

Los levantamientos de suelos, además de sus muchos y ampliamente reconocidos usos, también son útiles a una multitud de otros fines a los cuales se debe prestar atención. Para muchas zonas son los mapas báse más completos y son usados en este sentido cuando no hay mapas topográticos o planimétricos al día. Este hecho y el de que los mapas detallados de suelos, mapas topográficos detalla-

(7) MICHIGAN STATE HIGHWAY DEPARTMENT. FIELD MANUAL OF SOIL ENGINEERING. Rev. ed. 304, pp., illus. Lansing. 1946.

(8) OLMSTEAD, F. R. HICKS, L. D. y BODMAN G. B. ENGINERING USE OF AGRICULTURAL SOIL MAPS. Highway Res. Bd. Bul. N° 22, 128, pp., illus. 1949.

dos y mapas geológicos detallados se usen a menudo para suplementarse el uno al otro, subrayan la necesidad de exactitud geodésica, uniformidad de las escalas de publicación, y de los símbolos usados y nomenclatura correcta de los rasgos o características.

Los mapas de suelos han sido usados para localizar y diseñar tuberías. Son útiles en la localización de estaciones de radio. Con interpretación, pueden usarse como mapas de geológia superficial. Son útiles en el estudio de la forma del relieve y de los procesos geomorfológicos. Con el estudio de áreas tipo, pueden ser usuados para la construcción de mapas de la vegetación original y para predecir las sucesiones de cobertura vegetal.

Los peligros de deficiencias nutritivas entre las plantas y aún entre los animales pueden anticiparse de los mapas de suelos en donde las relaciones de las deficiencias con los tipos hayan sido identificados a través de investigaciones correlativas en sitios muestra. En años recientes, se han determinado relaciones importantes entre muchos tipos de suelos (y grupos de suelos) y las deficiencias de microelementos (tales como cobre, boro, manganeso, molibdeno, hierro, cobalto y zinc y de fósforo, potasio, calcio, nitrógeno, magnesio y azufre. Esto no quiere decir que se hayan caracterizado todos los tipos de suelos especialmente para los microelementos; se necesita aún mucho más investigación. Como ya se ha explicado, las recomendaciones para un campo individual dependen parcialmente del manejo previo y corriente tanto como del tipo de suelo; sin embargo, en el caso de deficiencias similares, es posible, interpretando el mapa básico de suelos, determinar el área afectada y las prácticas generales a seguir.

Con mapas generalizados y mapas esquemáticos de asociaciones de suelos se pueden apreciar en forma generalizada las potencialidades agrícolas y los problemas que se relacionan al suelo y su uso regional, nacional y aún como base de comparación mundial.

COORDINACION INTERNACIONAL

Debido a que todos los lugares del mudo que tengan las mismas combinaciones de factores pedogenéticos tienen la misma clase de suelo, el conocimiento adquirido a través de la investigación y experiencia en un lugar, es de importancia para todos los lugares parecidos. De modo contrario, las buenas prácticas que se requieren para producción permanente en una clase de suelo determinado pueden ser útiles o aún ruinosas cuando se les usa en clases distintas.

Es obvia la necesidad de una corelación estrecha entre aquellos que trabajan en levantamientos de suelos y otras investigaciones si se quiere desarrollar definiciones apropiadas y pronósticos para tipos

(9) Ver IGNATIEFF, cita en la Bibliografía General.

de suelos y si se desea hacer un uso completo y preciso de otros resultados de la investigación. Esto es cierto tanto en un sentido internacional como nacional. Para hacer el mejor uso de la ciencia agrícola en cualquier país, es esencial tener un esquema mundial consistente de las definiciones y la nomenclatura usados en la Ciencia del Suelo. Esto es que los resultados de una investigación competentemente manejada en un suelo laterítico bien definido, en un Podzol o Chernozem, son útiles en todos los países que tengan suelos parecidos a los investigados, sin importar el lugar en donde se haya hecho el trabajo.

Mucho trabajo se ha realizado en este campo de la geografía edáfica. Se necesita más. Son muchas las oportunidades que aún se ignoran para mejorar la planificación de la investigación agrícola y para aumentar su efectividad. Afortunadamente conforme este **Manual** se prepara, es cada vez mayor el énfasis que en muchos países se da a la clasificación y cartografía de suelos y al intercambio de científicos especializados y de información acerca de los suelos.

PREPARATIVOS NECESARIOS PARA EL TRABAJO DEL CAMPO

Antes de iniciar en el campo los trabajos de levantamiento, se hacen los planes de trabajo y se reúnen el material y equipo esenciales.

Plan de trabajo

La mayor parte del trabajo de levantamiento de suelos en los Estados Unidos es realizado como parte integral de las investigaciones edáficas del Departamento de Agricultura y las Estaciones de Experimentación Agrícola. Además, otras agencias Federales o Estadales de investigación, servicio y educación, cooperan en proyectos de especial interés para ellas, proporcionando personal o materiales.

Para un levantamiento de suelos se requieren muchos detalles técnicos y los servicios de varias clases de especialistas. Además de los edafólogos que intervienen en el campo y en el laboratorio, se necesita por lo menos un poco de asistencia, a veces por cierto bastante, de geólogos, fisiólogos vegetales y otros científicos. Son esenciales para el trabajo, fotográmetras de gran experiencia, cartógrafos y dibujantes. Usualmente están relacionadas con la empresa varias agencias, ya sea como participantes o como futuros interesados en la utilización de los resultados.

Debe tenerse desde el comienzo una idea clara acerca del trabajo y el papel que cada participante tendrá. Las especificaciones generales, plan y elección de los técnicos se establece en un plan llamado Plan de trabajo para el levantamiento de suelos. Este es preparado por el edafólogo supervisor, con la ayuda de las personas responsables de la cartografía y el servicio del laboratorio y aceptable para las agencias que financian el estudio. Es necesario sobre todo, la elección de un técnico calificado para jefe del equipo. De él, más que de cualquier otra persona depende la perfección de la investigación y la calidad del mapa e informes finales.

Los puntos esenciales del plan de trabajo para el levantamiento de suelos son:

1—Nombre, localización, tamaño y linderos del área por estudiar. (Cuando son áreas que no abarcan distritos completos, deben incluirse mapas esquemáticos de posición relativa).

2—Un párrafo que describa las principales características físicas del área.

3—Los nombres de las agencias que inician el trabajo y el de las que cooperan.

4—Razones para la realización del estudio, junto con otros usos especiales que de él se vayan a hacer.

5—Tipo de levantamiento (detallado, detallado y de reconocimiento, reconocimiento de asociaciones de suelos) y características a levantar, incluyendo cualquier característica especial no considerada en las instrucciones corrientes de los levantamientos básicos de suelos.

6—Escalas para el levantamiento de campo y para los mapas por publicar (1).

7—Una lista de los levantamientos previos de suelos, relieve, geología o vegetación (1).

8—Equipo y transporte necesarios y agencias que los suministran.

9—Nombres del personal propuesto (y agencias a las cuales pertenecen) para el grupo de levantamiento, incluyendo el jefe.

10—Clase, escala, calidad, fuente y disponibilidad de los materiales para el mapa básico y los controles primarios en el área (1).

11—Escala y otras características de los mapas que se publicarán y métodos de construcción a partir de las hojas de campo.

12—Planes para la preparación y publicación del Informe.

13—Fecha de iniciación del trabajo de campo, localización del primer campamento. Fecha estimada de conclusión del trabajo de campo.

14—Planes para la realización del trabajo de laboratorio suplementario y técnicos responsables de este trabajo (2).

15—Costos estimados desglosados, por agencia contribuyente:

(a) Levantamiento de campo por día-hombre, incluyendo salarios, viajes y equipo.

(b) Investigación suplementaria y resúmenes para la clasificación de los suelos e informe del levantamiento.

(c) Trabajo suplementario de laboratorio.

---

(1) A desarrollar en conjunto con la Sección Cartográfica.

(2) A desarrollar en conjunto con los laboratorios y agencias que cooperan.

(d) Preparación y edición del mapa (1)
(e) Publicación (1)

RECOPILACION DE LOS DATOS CARTOGRAFICOS

La utilización de buen material cartográfico base es esencial para que el levantamiento de suelos tenga éxito. De él depende la exactitud con que se ubican los linderos entre suelos y los símbolos, el ritmo en que se progresa, los métodos y costos de elaboración del mapa y la calidad del mapa a publicar. Debido a que todos estos puntos afectan directamente el costo y la exactitud de los mapas de suelos, el técnico supervisor debe dar a la recopilación del material cartográfico especial prioridad, una vez seleccionada el área en donde se ha de efectuar el levantamiento.

Es más, el orden en que se escogen las áreas para levantamientos de suelos debe ser guiado por un estudio y análisis de los datos cartográficos disponibles. Esto significa que no deben seleccionarse áreas que no posean fotografías aéreas u otros levantamientos igualmente buenos, salvo que existan poderosísimas razones para hacerlo así; deben preferirse las áreas que tengan buenos mapas topográficos hechos con ayuda de fotografías aéreas.

Análisis y estudio preliminar. — Antes de ser seleccionado para uso de campo, el material cartográfico debe ser estudiado en relación a todas las operaciones, tanto de campo como cartográficas de oficina, considerando la exactitud, economía y cualquier otra necesidad de las agencias cooperadoras, así como la eficiencia de su uso por el personal de campo y por los cartógrafos. Todo el material cartográfico disponible debe merecer consideración. Puede ser que parte de este material sea útil aunque no se use directamente como base principal.

Si acaso hubiere en el área de interés un nuevo levantamiento aerofotográfico en ejecución, corrientemente sería preferible posponer el levantamiento de suelos hasta que las fotografías estén disponibles. La disponibilidad de nuevos mapas topográficos aún cuando se encuentren en forma manuscrita o no estén disponibles, debe influir en la selección de áreas específicas. Algunas veces puede ser que mosaicos aéreos no controlados parezcan muy útiles a primera vista, sin embargo el análisis final puede demostrar que son más dispendiosos que las fotografías aéreas individuales debido a su mala calidad, a la falta de estereoscopía y a inexactitudes. Los mapas topográficos hechos con especificaciones minuciosas de exactitud a veces tienen que descartarse debido a falta de detalle y a lo pequeño de la escala. El uso eficiente de las fotografías aéreas puede

(3) A desarrollar en conjunto con la Sección Cartográfica.

ser limitado en algunas áreas debido a insuficiente control para la construcción de mapas base exactos.

Sin un análisis de esta naturaleza, puede suceder que se llegue a seleccionar una región en donde el material adecuado sea tan escaso que los costos del trabajo de campo o preparación del mapa, o ambos, lleguen a ser muy altos; también puede ser que se haga una selección pobre de los materiales disponibles. Estas fallas en la planificación inicial conducen a inexactitudes en las líneas de suelos, a costos excesivos y a la publicación de mapas de poco valor. Los planes para el levantamiento deben ser trazados en conjunto por edafólogos y cartógrafos de tal modo que todos los costos — tanto para trabajo de campo como para compilación de mapas y publicación— sean tomados en cuenta. Por ejemplo, un cambio pequeño en las operaciones de campo, puede influir grandemente en los costos de compilación y publicación.

Localización del material. — Son tan numerosas las agencias que usan fotografías aéreas, preparan mosaicos y mapas planimétricos y topográficos, que no se puede esperar que los edafólogos conozcan todo lo que es posible aprovechar de un área o lo que pueda estar disponible en el futuro. Aunque muchas agencias dan información periódica sobre mapas, estos informes no cubren muchas de las actividades acerca de planes y operaciones. Aprovechando el que la mayoría de las agencias Federales y muchas de las firmas comerciales mantienen oficinas en la ciudad de Washington, la Sección de Cartografía de la División de Levantamiento de Suelos de los Estados Unidos se mantiene en comunicación con casi todos los grupos que se dedican a la preparación de mapas. Es una función regular de la oficina cartográfica mantener registros de todos los materiales disponibles y de los trabajos bajo ejecución, así como la de buscar materiales de todas las agencias para cualquier área que vaya a ser estudiada. De este modo, es posible obtener información completa acerca del estado en que se encuentran: el levantamiento aerofotográfico, el levantamiento general y las actividades de control de cualquier área de los Estados Unidos.

Elección de la escala. — Para determinar la mejor escala a usar en un levantamiento de suelos, se deben considerar en conjunto muchos factores.

Primero tiene que considerarse el propósito del mapa. — En vista de que la mayoría de los mapas detallados de suelo se proyectan en tal forma que puedan dar cabida a todos los datos necesarios para la planificación de sistemas agrícolas eficientes, su escala debe ser lo suficientemente grande que permita indicar las áreas agrícolas de significación, ya sea separándolas por linderos o indicándolas por medio de símbolos definidos. Esto no quiere decir que la escala debe ser tan grande como para mostrar en el mapa de suelos los

linderos entre los campos, las terrazas, canales y edificios. La mayoría de los planes para fincas deben dibujarse sobre fotografías aéreas ampliadas u otros mapas a gran escala, de modo que los detalles que son importantes únicamente para la finca particular puedan ser escritos sobre ellos. Mapas de suelos en escala tan grandes resultarían muy incómodos para archivar y para usar.

Si el levantamiento es del tipo de reconocimiento —con un mapa de suelos generalizado o esquemático y únicamente muestras en detalle de cada asociación— la escala puede ser mucho más pequeña.

Generalmente la escala del levantamiento aumenta conforme aumenta la complejidad de la disposición en que se encuentran los suelos y especialmente con la intensidad de uso actual o potencial. El diseño en que se encuentran tipos y fases de suelos en áreas de Podzoles Hidromórficos y semiturbosos o de Suelos Esqueléticos y de Prado Alpino por ejemplo, es muy complejo, pero sus bajas potencialidades de uso constituyen un buen argumento en contra de las posibilidades de ejecución de un levantamiento muy detallado, excepto de áreas-muestra que sirven para definir los complejos cartográficos o las asociaciones. Cuando es necesario individualizar por medio de linderos áreas pequeñas de suelos, las escalas deben ser suficientemente grandes para mostrarlas sin exageración y para permitir colocar dentro de ellas, en forma clara, los símbolos correspondientes. Cuando en las hojas de campo se halla una proporción muy crecida de símbolos fuera de las áreas que representan y están ligados a ellas por medio de flechas, está sucediendo algo de lo siguiente: la escala usada es muy pequeña, se está usando detalle excesivo en el levantamiento, los símbolos son muy grandes, o existe una combinación de todo esto, lo cual significa un planeamiento inadecuado.

La escala no debe ser más grande de lo que es necesario para mostrar los detalles requeridos por el objetivo del levantamiento. Un gran aumento en la escala aumenta a la vez el número de hojas separadas con las cuales se tiene que trabajar, el número de uniones entre ellas, así como los costos de compilación y reproducción.

La escala de los mapas manuscritos de campo o la de aquellos generalizados a partir de hojas de campo muy detalladas, debe acercarse en forma razonable a la escala de publicación. Excepción hecha de levantamientos especiales en los cuales las hojas de campo tienen datos que no necesitan publicarse y cuando copias fotográficas de ellos sirven este propósito especial, la escala de campo muy raramente debe ser más del doble de la publicación. Cuando no es así, es muy posible que el mapa publicado sea muy complejo para una lectura fácil o de otro modo, debe omitirse datos de las hojas de campo. La selección de sólo parte de los datos que aparecen en las hojas de campo, aumenta los costos de compilación y las posibilidades de

error. Algunos mapas de baja calidad han sido hechos a gran costo debido a que se publicaron a una escala de 1: 63.360 cuando se había hecho un trabajo de campo con escala de 1: 15.840. Cuando es obvia la necesidad de utilizar en el campo una escala 1: 7.920 y cuando se va a publicar el mapa con una escala 1: 31.680, ordinariamente es necesario hacer además otro mapa manuscrito (además de las hojas de campo) con una escala superior a 1: 15.840.

Actualmente en los Estados Unidos, los mapas básicos detallados de suelos se hacen a escalas de campo que va de 1: 15.000 a 1: 20.000 y son publicados a 1: 24.000 y 1: 31.680. A pesar de esto, los levantamientos muy detallados, como por ejemplo en áreas de riego u otras zonas de suelos complejos y de uso muy intensivo, pueden hacerse con escalas que llegan hasta 1: 5.000. Para la planificación detallada de carreteras y aeropuertos, se necesitan a menudo mapas de escalas de hasta 1: 1.000, pero muy raramente es necesario reproducirlos en ediciones numerosas. Las escalas para mapas de asociaciones de suelos hechos en estudios de reconocimiento pueden ir desde 1: 20.000 hasta 1: 500.000 según sea el propósito perseguido.

A través de un área debe usarse siempre la misma escala, excepto en los levantamientos del tipo "detallado y de reconocimiento". Cuando los edafólogos usan material básico con escalas cambiantes, generalmente tienen la tendencia de realizar el trabajo con variaciones de detalle. La falta de uniformidad en las clases y tamaños de las áreas edáficas mostradas reduce grandemente la utilidad de los mapas, debido a que presentan un cuadro deformado de los suelos.

Tal deformidad puede observarse en unos pocos mapas edáficos publicados y en los cuales se usaron hojas de campo de escalas diferentes, las cuales fueron luego convertidas a la misma escala.

Una buena parte del material cartográfico base es suficientemente flexible como para permitir reproducción a varias escalas para uso de campo. Muchos negativos de aerofotografías tienen una escala de 1: 20.000. De ellos se pueden obtener copias de magnífica calidad y detalle a escalas que van desde 1: 31.680 hasta 1: 7.920. Desde luego que las películas aéreas pueden estar a varias escalas, sin embargo las reducciones y ampliaciones que oscilan de un medio a tres veces la escala original resultan generalmente satisfactorias. Los mosaicos aéreos o mapas planimétricos y topográficos pueden ser ampliados considerablemente o reducidos a escalas apropiadas para levantamiento de campo.

El laboratorio cartográfico de la División del Levantamiento de Suelos de los Estados Unidos está equipado para preparar ampliaciones y reducciones de fotografías aéreas, mosaicos de aerofotografías, mapas planimétricos y topográficos hasta donde es necesario para los levantamientos de suelos cooperativos.

Como usualmente es posible obtener el material base a una escala apropiada y uniforme, es importante decidirse desde la fase inicial acerca de una escala definitiva para el levantamiento de suelos y hacer la petición original para material en esa escala. Esto es mucho más económico que tratar de hacer cambios de escala después de que el material base ha sido recibido. Tales cambios pueden requerir el hacer nuevas copias y causar así atrasos evitables.

Factores que determinan la selección del tipo de material. — Es frecuente encontrar disponible material cartográfico de dos o más clases, apropiado como base para cartografía de suelos. Una zona puede estar total o parcialmente levantada en dos o más tipos de fotografías aéreas, mosaicos aéreos, mapas planimétricos o topográficos. La escogencia del material depende de las ventajas relativas para el trabajo total, incluyendo la compilación y reproducción tanto de los mapas como el aspecto de uso de campo. El material básico que se seleccione debe ser adecuado para el trabajo total y no únicamente para una sola actividad.

Puede ser por ejemplo que los mosaicos aéreos no controlados parezcan ventajosos para uso de campo, a pesar de lo cual pueden resultar totalmente inadecuados para la confección del mapa final debido a sus inexactitudes. Los mapas anticuados así como los hechos bajo normas no corrientes presentan problemas similares. Estos mapas a menudo requieren tantas revisiones que su valor queda anulado por el tiempo consumido en correcciones tanto de campo como de oficina. Los planes de trabajo hechos sin un análisis sereno del proceso completo, han conducido a costos elevadísimos en relación con la exactitud del mapa publicado.

El material disponible puede estar constituído por fotografías aéreas tomadas con lente único o múltiple, mosaicos aéreos de exactitud variable, foto mapas, mapas planimétricos o topográficos. Cuando no hay mapas base o fotografías aéreas apropiadas y cuando el levantamiento debe ser hecho, es posible que el edafólogo tenga que recurrir al levantamiento del mapa del área con la plancheta, o con la brújula en áreas silvestres densamente boscosas. En donde haya posibilidad de usar dos o más tipos de material base, debe hacerse una valoración cuidadosa con el fin de obtener uniformidad en la exactitud, en el detalle planimétrico y en la escala. La selección del material puede ser influída por otros usos a que vaya a ser destinado el mapa, además del de publicación. Si hay que hacer por ejemplo una clasificación detallada en lotes de tierra, como la requerida en la planificación para riego o en avalúos, puede ser mejor y más barato un mapa base diferente al usado en los levantamientos básicos de suelos. A menudo el tiempo es un elemento importante para la selección; en ciertos casos puede ser necesario utilizar el ma-

terial fácilmente obtenible aún cuando hayan posibilidades de obtener uno mejor en fecha posterior. Si hubieran grandes diferencias en la calidad del material, la fecha de comienzo del estudio debe posponerse hasta donde sea posible con el fin de utilizar el mejor.

En forma general, el mejor material base para levantamientos de suelos detallados es, en orden de preferencia: fotografías aéreas de un solo lente, mosaicos aéreos controlados, fotografías aéreas de lente múltiple transformadas, hojas topográficas y mapas planimétricos de exactitud estandar y mapas planimétricos originales. Lo ideal sería poder disponer tanto de buenas fotografías aéreas como de mapas topográficos precisos.

Para levantamientos de reconocimiento a gran escala relativa, es mejor utilizar mosaicos aéreos controlados o mapas topográficos o planimétricos de exactitud corriente. Los levantamientos de reconocimiento a escala pequeña se hacen sobre numerosos tipos de mapas, los cuales deben tener exactitud y detalle planimétrico adecuados; también se hacen sobre índices de fotografías aéreas.

Debido a que el levantamiento de suelos completo es dispendioso, la selección apropiada del material base puede tener gran influencia sobre su eficiencia. Un concepto errado acerca del costo del material base conduce a menudo a cometer errores en la planificación. En donde se dispone de fotografías aéreas, es muy raro que su costo exceda el 1 o 2 por ciento del costo total del trabajo de campo. Aún las fotografías aéreas originales, raramente cuestan más del 5 ó 10 por ciento del costo total. A pesar de esto, a menudo el material base viene a ser la clave entre un mapa de suelos excelente y uno de muy poco valor. Los costos del material base deben ser comparados con su utilización en todas las operaciones: levantamiento de campo, preparación del mapa y publicación. El uso de material de bajo costo puede conducir a economías aparentes en el costo de las hojas de campo, pero también puede duplicar los costos de preparación del mapa y su reproducción. En vista de que las condiciones varían ampliamente de un lugar a otro, no se puede establecer una regla general para la selección del material base. Cada área debe ser estudiada como un problema individual.

Procedimiento para la obtención de material base.—Una vez que se ha desarrollado el plan de trabajo y que se ha decidido sobre el material base, este se obtiene directamente de la Sección Cartográfica o de otras fuentes, pero por medio de arreglo con ella. Los planes deben hacerse con tanta anticipación como sea posible ya que muchas agencias tienen un personal reducido para suplir copias fotográficas y otros materiales, de modo que siempre hay atrasos inevitables.

CLASES DE MATERIALES BASE

En los párrafos siguientes se dan las características, ventajas y desventajas de las principales clases de material base usado en el levantamiento de suelos en los Estados Unidos de Norte América.

..**Fotografías aéreas.**—Casi todo el levantamiento de suelos que se efectúa en la actualidad se hace sobre fotografías aéreas, cuyo uso e interpretación se mejora continuamente.

Tipos.—Pueden tomarse como tipos básicos de aerofotografías las oblicuas y las verticales. Las fotografías con lentes múltiples son una combinación de ambas. Las fotografías verticales de lente único son las mejores para el levantamiento de suelos, aunque se pueden usar las oblicuas y las de lente múltiple, por eso en este **Manual** se da énfasis a las fotografías verticales de lente único, tomadas en vuelos hechos de acuerdo con las especificaciones del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

Cubrimiento estereoscópico y alterno.—Las especificaciones del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos para fotografías aéreas requiere que el traslapo a lo largo de la línea de vuelo sea de cerca del 60 por ciento, mientras que el traslapo entre líneas de vuelo adyacente debe ser alrededor de 30 por ciento. Este traslapo con el cual todas las ímagenes de tierra aparecen en dos o más fotografías, permite la visión estereoscópica de cualquier objeto terrestre dentro del área. Se dice que tales fotografías tienen **cubrimiento estereoscópico;** las fotos adyacentes se denominan **pares estereoscópicos.**

Si en una serie estereoscópica contínua se retiran las fotografías alternas, la serie que queda es llamada de **cubrimiento alterno** y las fotos adyacentes se denominan **pares alternos.** Los pares alternos se traslapan únicamente cerca de un 20 por ciento — que es muy poco para permitir el estudio estereoscópico del área total. Esta amplitud abarcada por pares alternos, no es adecuada, para la construcción de mapas base por medio de métodos fotogramétricos basados sobre el principio de estereoscopia.

Copias de contacto y ampliaciones: Las fotografías aéreas son expuestas sobre negativos de películas o vidrio, a una escala y tamaño de negativo predeterminados. La escala de la fotografía depende de la altura del avión y de la distancia focal de la cámara. El tamaño de los negativos varía con la cámara aérea.

La escala a la cual se realiza la toma de fotografías aéreas depende del propósito. La mayor parte de la fotografía aérea hecha para el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos es to-

mada con una cámara cuya distancia focal es de 8,25" (cerca de 20 cm.) a alturas cercanas a los 1.665 mts. (5.000 pies). La escala resultante es de aproximadamente 1: 20.000. Tales negativos dan reducciones y ampliaciones satisfactorias dentro de escalas que van de 1: 7.500 a 1: 32.000. La mayor parte de las necesidades en levantamientos de suelos son satisfechos dentro de esta oscilación de escalas.

Las fotografías aéreas hechas directamente de los negativos originales son llamadas **copias de contacto** y tienen las mismas escalas que los negativos. En la copia por contacto no se pueden hacer rectificaciones de errores o cambios de escala, aunque los negativos con pobre exposición pueden mejorarse. Las copias por contacto son las más económicas. Cuando se procesan en forma apropiada son las de mejor calidad.

Las fotografías aéreas pueden fácilmente ser aumentadas o reducidas, lo cual es una de sus grandes ventajas en su utilización como base para mapas de suelos. El proceso requiere proyección de luz a través del negativo y precisión en los ajustes para obtener la escala exacta. Es por esto más lento y más costoso que el proceso de copias de contacto. En la preparación de las ampliaciones se pierde un poco de detalle, pero con operadores expertos, equipo moderno de trabajo y los negativos originales, la pérdida es de muy poca importancia.

La ampliación tiene ciertas ventajas. Con control terrestre apropiado, casi todas las copias de un área pueden ser reducidas a una escala uniforme. Las copias tomadas a un ángulo excesivo que cause desplazamiento de las cosas y cambios de escala, pueden ser rectificadas reduciendo así notablemente los errores. Las fotografías de áreas tomadas con dos o más escalas de contacto, pueden reducirse a escala común. Estas operaciones requieren más tiempo que las ampliaciones comunes y para relacionar y rectificar escalas es esencial un control de tierra adecuado. A pesar de todo lo anterior, es muy corriente que las economías posteriores cubran y aún superen los costos que se originan en la reducción de fotografías a escala común.

De películas corrientes no deben esperarse ampliaciones satisfactorias a escala que requieran aumentar el diámetro del negativo de contacto en más de dos y media veces. Cuando se pasa este límite las fotografías se vuelven granulosas y se pierde mucho detalle.

Las aerofotografías tomadas para el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos son hechas corrientemente con cámaras aéreas que tienen negativos de 7 por 9 pulgadas (18 x 23 cms. aprox.) o de 9 por 9 pulgadas (23 x 23 cms. aprox.). Las ampliaciones desde luego, aumentan el tamaño de las fotografías tanto como el de la escala.

A continuación se muestra como el tamaño de las fotos, en pulgadas y centímetros aproximadamente, varía con la ampliación.

Copias de Contacto (Escala 1:20.000 3.168 pulgadas = 1 milla) Centímetros	Ampliación (Escala 1:15.840 4 pulgadas = 1 milla) Centímetros	Ampliación (Escala 1:7.920 8 pulgadas = 1 milla) Centímetros
18 x 23	28 x 35	55 x 68
23 x 23	35 x 35	68 x 68

Indices fotográficos.—Hay índices fotográficos disponibles para la mayoría de las fotografías obtenibles en el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y en otras agencias gubernamentales. Estos se preparan fotografiando las fotografías individuales de una zona arreglada al efecto: se unen las imágenes y se traslapan las fotografías de modo que todos los datos marginales sean visibles. Luego se fotografía el conjunto a una escala más pequeña, lo cual a menudo se realiza en secciones con el fin de que sean más manuables. La mayoría de los índices disponibles en el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos está en hojas que tienen cerca de 20 x 24 pulgadas (51 x 62 cms.) con una escala aproximada de 1: 63.360. De cuatro a cinco hojas de índices fotográficos cubren un condado de extensión promedio.

Los índices fotográficos son de mucha utilidad para la determinación del número y la localización de fotos individuales dentro de una zona. Dado que el bajo costo de los índices se paga facilmete con el tiempo que ellos economizan, deben obtenerse siempre que ello sea posible. También son muy útiles para cartografía esquemática.

Ventajas y desventajas.—La mayor ventaja que se obtiene con la utililzación de las fotografías áereas en el levantamiento de suelos es la riqueza de detalle superficial que ellas muestran. Los ragos físicos y de cultivo que sería impráctico mostrar en mapas base, están representados con detalle infinito en las fotografías aéreas. Los linderos entre campos, árboles aislados, grupos de arbustos, afloramientos rocosos, edificios y cubierta vegetal, son detalles que ayudan al edafólogo para su orientación en el campo y el registro de los datos. Las fotografías aumentan tanto la rapidez como la exactitud del trabajo. Riachuelos, lagos y ciénagas que son difíciles de mostrar en forma exacta cuando se usan levantamientos terrestres se convierten en puntos de control en las fotografías aéreas.

Ya que se pueden fotografiar grandes áreas con mucha rapidez, los edafólogos de campo pueden recibir material base muy detallado, en un corto tiempo. Comparado con otros métodos de obtener material base con detalle similar, la fotografía aérea ofrece el método más rápido y económico. Las áreas aisladas, difíciles de levantar por

métodos terrestres no ofrecen ninguna dificultad al avión de fotografía, siempre y cuando haya terrenos de aterrizaje apropiados dentro de los radios de operación. Las fotografías aéreas son especialmente de utilidad para el edafólogo que se enfrenta al problema de levantar mapas precisos de suelos de áreas despobladas propuestas para desarrollo agrícola.

La visión estereoscópica, o sea la posibilidad de ver la profundidad, es otra de las ventajas de las aerofotografías en el levantamiento de suelos. Utilizando fotos con traslapo adecuado que permita estudio estereoscópico, el edafólogo tiene ante sí el relieve del área, completo, con todo su intrincado detalle cultural y físico. Esto ofrece una oportunidad para estudiar el área antes de efectuar el trabajo de campo. El edafólogo puede establecer las vías de travesía en una forma más efectiva. El estudio de la cubierta vegetal, el relieve, las formas de drenaje, así como otros detalles, ayuda mucho en la planificación del trabajo de campo. Los riachuelos, ciénagas y otras características, se pueden trazar tentativamente por adelantado.

A partir de aerofotografías se pueden construír mapas base adecuados, en forma económica y dentro de un tiempo razonable, con el detalle suficiente necesario al levantamiento de suelos, siempre y cuando la fotografía sea de buena calidad, el control de tierra adecuado, que hayan facilidades fotogramétricas disponibles y que fotográmetras calificados supervisen el trabajo.

A pesar de las ventajas enumeradas anteriormente, las fotografías aéreas tienen algunas desventajas y limitaciones para el levantamiento edáfico. Las fotografías son inferiores a mapas topográficos o planimétricos de calidad en lo siguiente: (1) En ellas no aparecen elevaciones, (2) Carecen de escala uniforme y precisa a través del área que muestran debido a variaciones de altura en el terreno y a la elevación del avión; (3) el edafólogo se ve forzado a manejar un número mayor de hojas que cuando usa mapas grandes, lo que resulta en una mayor cantidad de uniones, pegas y trabajo de archivo; (4) las diferencias de escala entre fotografías adyacentes crean dificultades menores en la unión y traslado de los linderos de suelos de una a otra fotografía; (5) las distancias y direcciones no pueden ser medidas en forma exacta debido a distorciones por inclinación, desplazamiento u otros errores inherentes; y (6) aunque en ellas se muestra mucho más detalle que en los mapas corrientes, no siempre son tan legibles y se requiere mayor habilidad para interpretarlas. Muchos detalles de los que aparecen en las fotografías aéreas como linderos entre campos, bosques y cultivos, son temporales y cambian más rapidamente que los rasgos que se indican en un mapa corriente. Es por esto que las fotografías viejas pueden ser más dificiles de usar que los buenos mapas hechos en la misma fecha en que aquellas fueron tomadas. Sin embargo todas estas limitaciones son pequeñas en relación con las ventajas.

Procedimiento para la obtención de aerofotografías.—Aproximadamente el 90 por ciento de los Estados Unidos ha sido fotografiado durante los últimos 15 años. La mayor parte de estas fotografías son utilizables para el levantamiento de suelos. Una buena parte de ellas es vieja y difícil de usar debido a cambios de vegetación y de detalle cultural, sin embargo continuamente se aerofotografían de nuevo aquellas áreas en donde los cambios lo justifican.

Una vez que se ha seleccionado el áerea de levantamiento, deben ordenarse si perdida de tiempo las aerofotografías. Estos pedidos deben dar los linderos exactos del levantamiento propuesto, la escala de fotografía necesaria, deben decir si van a usar fotografías estereoscópicas o alternas, así como la fecha en que se ha de iniciar el levantamiento. Debe agregarse también cualquier detalle especial tal como tipo de papel o acabado de las fotos. Las películas aéreas de otras Agencias Federales normalmente pueden ser utilizadas para preparación de reproducciones por la Sección de Cartografía. Sin embargo, debido a la limitación de facilidades, es necesario que la agencia que tiene la película original tenga algunas copias fotográficas preparadas. Debido a que las copias de la mayoría de las películas tienen una gran demanda, a menudo toma mucho tiempo el conseguir copias o ampliaciones.

En el cálculo de tiempo necesario para la obtención de fotografías aéreas originales, debe concederse un buen margen para la preparación de especificaciones, concesión de contratos, fotografía del área, inspección y aceptación del trabajo. Tal vez el factor más incierto es el tiempo. La frecuencia de días apropiados para volar en misiones de fotografías varía en diferentes partes del país y durante las diversas estaciones del año. En algunos lugares, las fotografías aéreas tomadas en una estación del año son mejores que las tomadas en otra. Por ejemplo en el sureste de los Estados Unidos la mejor aerofotografía es la que se toma durante los meses de invierno, cuando la vegetación obscurece en el suelo en forma mínima.

Costos.—El costo de las fotos originales varía mucho, dependiendo ello de las condiciones locales del tiempo, disponibilidad de campos de aterrizaje, etc.. El costo de los vuelos hechos de acuerdo con las especificaciones del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos ha variado mucho de año en año y en contratos diferentes. Durante los diez años del período 1939-1949, los costos anuales promedio variaron de $ 1.93 por milla cuadrada en 1939, a $ 4.06 en 1945. Los costos en 1949 alcanzan un promedio de $ 2.71 por milla cuadrada o sea menos de medio centavo por acre (4.047 m2).

De otras agencias se obtienen reproducciones hechas a partir del negativo original; estas son suministradas a precios basados solamente en costos de trabajo y materiales. Dentro del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

Los costos unitarios de reproducción en los Estados Unidos fueron en 1950 como siguen:

Cantidad	Copias de Contacto (1:20.000) c/u	Ampliaciones (1:15.840) c/u
1 a 5	$ 0.80	$ 1.55
6 a 100	0.50	1.00
Más de 100	0.45	0.90

En donde se puedan utilizar levantamientos aéreos originales, el costo de las copias de contacto estereoscópicas, para un condado, es de 10 centavos por kilometro cuadrado. Para visión estereoscópica, con ampliaciones 1:15.840, el costo por kilometro cuadrado es de 20 centavos aproximadamente. Estos valores sólo representan una pequeña fracción del costo total de un levantamiento básico de suelos.

Mosaicos aéreos.— Los mosaicos aéreos se hacen reuniendo las fotografías aéreas individuales para formar una imagen fotográfica continua de un área. Para cubrir una pequeña área pueden usarse unas pocas fotografías, pero también pueden unirse cientos de ellas para cubrir una gran extensión. Se han usado muchos métodos de unión y los resultados varían ampliamente en exactitud y utilidad.

Tipos.—Los dos tipos generales de mosaicos aéreos son los controlados y los incontrolados. Estos últimos se hacen simplemente por medio de la unión de imágenes iguales sobre fotografías advacentes y sin el uso de control de tierra. No se les hace correcciones de escala, inclinación o desplazamiento. Debido a que las fotografías se unen utilizando únicamente las imágenes y sin ningún control geográfico de su posición, los mosaicos incontrolados no son apropiados para levantamientos exactos y son difíciles de usar en la construcción de mapas. En la construcción de mosaicos controlados, se ajustan las fotos a un control de tierra; las distancias y direcciones son medibles y las fotografías individuales son llevadas a escala correcta y se les corrige para inclinación y desplazamiento. Cada foto se ajusta y se une de modo que las imágenes en la fotografía caigan en sus posiciones geográficas verdaderas sobre la cuadrícula del mapa. Como un mosaico controlado se aproxima mucho en exactitud a un buen mapa planimétrico, el edafólogo puede usarlo como base en un levantamiento de suelos.

Entre la inexactitud de los mosaicos incontrolados de un lado y la exactitud de los controlados del otro lado, se escalona una amplia variedad de mosaicos semicontrolados para los cuales se utilizan diferentes formas de control de tierra. Es por esto que los mosaicos varían grandemente y por lo tanto deben revisarse muy cuidadosamente antes de utilizarlos en levantamientos detallados de suelos.

Ventajas y desventajas.—Los mosaicos de fotografías aéreas tienen la ventaja de cubrir una extensa área en una sola hoja, de modo que el número de uniones se hace menor. Pueden hacerse mosaicos para cubrir un área específica, como por ejemplo un municipio, una pequeña cuenca o una hoya de drenaje. En donde se puede disponer de mosaicos controlados, su exactitud sobre la de las fotografías individuales constituye otra ventaja para el edafólogo en el dibujo de los linderos de suelos y en su traslado a hojas adyacentes.

En la reproducción de hojas de mosaico para uso de campo, puede retenerse un pequeño margen de traslapo o las hojas pueden reproducirse para que se unan sin traslapo. Esta es una ventaja, ya que el edafólogo frecuentemente tiene dificultades en la unión de fotografías aéreas adyacentes que tienen margenes de traslapo grandes.

La desventaja mayor de los mosaicos para el levantamiento de suelos comparándolos con las fotografías traslapantes, es que los mosaicos en sí no pueden utilizarse para estudio estereoscópico. Lo ventajoso de un estudio de esta naturaleza ya se trato anteriormente.

Lo que sucede con los mapas planimétricos y topográficos en cuanto a exactitud, sucede también con los mosaicos controlados: no se puede depender de su apariencia; deben controlarse en el campo. Pueden tenerse enormes dificultades en el campo con mosaicos que desde la oficina parecen ser de óptima calidad. Aun cuando se puede usar para el levantamiento de suelos un mosaico controlado o semicontrolado, es posible que luego no se pueda construir un mapa de exactitud apropiada para publicación sino a expensas de un gran gasto adicional. Es por esto que el trabajo debe ser considerado en forma total cuando se piensen utilizar mosaicos de fotografías aéreas.

Preparación.—La Sección de Cartografía de la División de Levantamiento de Suelos de los Estados Unidos está equipada para preparar un número limitado de mosaicos aéreos controlados, apropiados para levantamiento de suelos en áreas que tengan control de tierra adecuado ya establecido. El procedimiento normal es el siguiente: obtener todo el control de tierra en el área, mostrarlo en el mapa, diseñar la proyección y construir un mapa radial; obtener la película original; restituir todas las copias en tal forma que encajen en la cuadrícula controlada teniendo cuidado en el proceso de tal modo de asegurar la uniformidad de tono y calidad; recortar las fotografías, aplicar adhesivo y ajustar y arreglar las copias sobre la tabla del mosaico; preparar los títulos, que deben aparecer en los bordes, las notas al pie de las hojas; hacer las copias de los negativos del mosaico completo y reproducir el número de copias requerido.

Procedimiento para la obtención de mosaicos aerofotográficos. En donde sea mejor la utilización de mosaicos controlados para el

levantamiento de suelos, deben solicitarse con bastante anticipación. No hay facilidades disponibles para preparar mosaicos para todos los levantamientos de suelos, ni se les debe recomendar a menos que ellos expediten el trabajo de campo, el uso de las hojas de campo por las agencias cooperadoras y la publicación del mapa.

Costos.—El costo de los mosaicos de fotografías aéreas para un levantamiento de suelos es naturalmente más alto que si se utilizan copias individuales, a pesar de lo cual, en algunas zonas, la utilización de un buen mosaico controlado puede reducir el costo total del levantamiento. Parte de los costos puede cargarse al valor normal de la preparación del mapa. La obtención de los datos de control, la preparación del diseño de control y la hechura de los arreglos necesarios para las hojas son una parte normal de la preparación del mapa en muchas regiones. Como las copias de las fotografías aéreas deben ser suplidas en todo caso al equipo de campo, los costos extraordinarios vienen a ser únicamente la agrupación, ajuste y reproducción del mosaico.

El costo de los mosaicos generalmente es menor al de preparar un mapa planimétrico, pero más alto que el costo de las fotografías aéreas.

Fotomapas.—El fotomapa es una forma de mosaico aéreo. A diferencia del mosaico convencional, las características físicas y de cultivo se muestran tal y como aparecen en los mapas planimétricos. Las hojas se disponen uniformemente sobre una proyección definida, tal y como se hace con los mapas topográficos y planimétricos corrientes. Los fotomapas son reproducidos corrientemente en grandes cantidades por medio de litografía de calcado en lámina de caucho o algún otro proceso similar. La planimetría se muestra frecuentemente en color; esto da realce y mayor legibilidad al detalle planimetrico ya que hace contraste con el fondo fotográfico blanco y negro.

Tipos.—No se han establecido aún normas fijas para los fotomapas. Aunque generalmente se puede asumir que tienen una exactitud adecuada, debido al gasto en que se incurre en la construcción y reproducción de un fotomapa, el edafólogo debe verificar su exactitud antes de utilizarlos en el campo.

Por lo regular los fotomapas se publican en hojas que muestran minutos de latitud y longitud según la escala; pero en las zonas de los Estados Unidos que han sido divididas en secciones, las hojas pueden prepararse para cubrir uno o más municipios.

Los fotomapas varían ampliamente, según la variación de la escala y los propósitos que se persigan. Algunos se publican únicamente con las líneas de cuadrícula, títulos apropiados y notas expli-

cativas; en otros aparecen las características planimétricas usuales: caminos, drenajes, edificios, líneas de ferrocarril, líneas de conducción eléctrica, etc., definidas en forma clara por medio de los símbolos usuales correspondientes y con los nombres locales de los rasgos prominentes. En copias de imprenta de algunos fotomapas, los detalles planimétricos se indican por medio de sobreimpresos en color — drenajes en azul, rasgos culturales en negro y características especiales en otros colores adecuados. Estos fotomapas son llamados a menudo **planisaicos.** Unos pocos fotomapas incluyen topografía o forma del terreno, con las curvas de nivel impresas en marrón, tal y como se usan en las hojas topográficas corrientes. Estos mapas reciben la denominación particular de **toposaicos.** Usualmente se puede admitir que los fotomapas que muestran curvas de nivel están bien construídos y son exactos. El fotomapa es probablemente de calidad inferior en donde se muestran curvas de nivel aproximadas en vez de las exactas.

Se pueden definir a la ligera tres tipos generales de fotomapas: (1) Los reproducidos en ediciones pequeñas por medio de fotografía más bien que de litografía, en los cuales el fondo fotográfico aparece como en las fotografías aereas con líneas y símbolos en negro o líneas blancas sobre este fondo; (2) los impresos para ediciones grandes por medio de litografía en lámina de caucho en blanco y negro, con líneas del trabajo planimétrico retocadas en negro con un fondo fotográfico a medio tono hecho con una pantalla de malla fina; y (3) los reproducidos por litografía de lámina de caucho en dos o más colores, con fondo fotográfico mostrado por medio de pantallas a medio tono, en negro gris, y la planimetría, curvas de nivel y otras características especiales retocadas en colores apropiados que contrasten.

Ventajas y desventajas.—Debido a que los fotomapas constituyen un estado avanzado en relación a los mosaicos aéreos, tienen una buena porción de sus ventajas y desventajas. La forma en que se encuentran delineadas las características culturales y de drenaje constituye una ventaja notable sobre el mosaico convencional controlado, ya que elimina o reduce las posibilidades de error en la interpretación del detalle planimétrico y los errores que pueden resultar en los linderos de suelos cuando se usan mosaicos. El edafólogo normalmente gasta menos tiempo clasificando y delineando tales detalles cuando usa un fotomapa reciente que cuando utiliza un mosaico aéreo normal.

Se puede confiar normalmente en que los fotomapas son más precisos que los mosaicos convencionales. Los fotomapas con precisión suficiente para alcanzar las reglas corrientes de mapas de suelos publicados, pueden utilizarse facilmente en el montaje de mapas.

Las desventajas del fotomapa son similares a las del mosaico controlado: no pueden utilizarse para estudio estereoscópico, lo cual es una limitación pero no tan grande como la que se encuentra con los mosaicos convencionales en los cuales no se han delineado los detalles físicos y de cultivo.

Debido a los métodos que se emplean para la producción de grandes cantidades, los fotomapas carecen frecuentemente del detalle fotográfico que se encuentra en las copias de mosaicos. A menos que se usen las pantallas excepcionalmente finas en la litografía por lámina de caucho, el detalle fotográfico que se obtiene no es de alta calidad.

Procedimiento para la obtención de fotomapas.—Fotomapas preparados por otras organizaciones, tal y como sucede con otros materiales base, se pueden obtener a través de la Sección Cartográfica del Servicio de Levantamiento de Suelos de los Estados Unidos. Se necesita tener una información completa de la exactitud antes de que pueda recomendarse su utilización. No es práctico preparar fotomapas para uso exclusivo de levantamientos de suelos. La identificación exacta de las características de drenaje y cultivos requieren ediciones especiales para el campo.

De vez en cuando, sin embargo, pueden producirse foto mapas para la publicación de un mapa de suelos. Se puede construir un mosaico controlado antes de comenzar el levantamiento de campo para que el edafólogo lo utilice como base. Este clasifica las características de cultivo y drenaje sobre el mosaico mientras que realiza el levantamiento de suelos. Por medio de la utilización del mosaico original como base y preparando separaciones de color para drenaje, cultivos y suelos,la Sección de Cartografía puede preparar el mapa de suelos como un fotomapa controlado debido a los costos para la edición de campo, dibujo de las características de cultivo y drenaje y a la hechura de reproducciones litográficas. El costo de un mapa de suelos como fotomapa debe ser comparable al de los mapas convencionales de suelos, si se omiten los colores para los suelos.

Mapas topográficos de exactitud normal.—Un mapa topográfico muestra la posición horizontal y la vertical de las características físicas de un terreno sobre un plano horizontal a escala definida Los mapas que se publican muestran corrientemente en negro los rasgos culturales como caminos, ferrocarriles y edificios; las características de drenaje en azul, y las curvas de nivel en marrón. Algunos también muestran características adicionales como por ejemplo la vegetación, lo cual se hace por medio de sobreimpresos en verde u otros colores.

La mayoría de los mapas publicados por el Servicio de Levantamiento Geológico de los Estados Unidos y otros mapas Federales traen notas marginales en donde se indica el cumplimiento de las normas nacionales de exactitud cartográfica. Las normas para exactitud horizontal de mapas publicados a escalas mayores de 1:20.000 prescriben que no se acepta más de un 10 por ciento de puntos errados en más de 0.85 mm. En mapas publicados a escalas menores de 1:20.000 el error no puede ser mayor de 0.6 mm. Estos límites de exactitud se aplican únicamente a las posiciones de puntos bien definidos, como por ejemplo caminos, monumentos, grandes estructuras y ferrocarriles los cuales son fácilmente visibles y dibujables a la escala del mapa dentro de una exactitud de 0.25 mm. Las normas para exactitud vertical exigen que no más del 10 por ciento de las elevaciones sometidas a prueba estén equivocadas en no más de la mitad de un intervalo entre curvas de nivel.

Tipos.—Debido a las normas de exactitud exigidas, los mapas topográficos varían muy poco, aunque hayan sido publicados por agencias diferentes. Pueden notarse algunas diferencias en formato, escalas, líneas de latitud y longitud y clasificación y presentación del detalle planimétrico — las cuales son diferencias debidas principalmente a la necesidad de llenar requerimientos específicos.

Los mapas topográficos normales son publicados en hojas limitadas por paralelos de latitud y meridianos de longitud. Generalmente las hojas topográficas son de 30, 15, 7 y medio ó 3 y 3/4 de latitud y longitud. —Las escalas varían con la topografía a intervalo de las curvas de nivel. Las escalas utilizadas más corrientemente son 1:24.000, 1:31.680, 1:48.000, 1:62.500 y 1:63.360. Los mapas a escalas menores son útiles a los edafólogos únicamente en levantamientos de reconocimiento. Son muy pocos los mapas topográficos que se publican a escalas mayores de 1:24.000.

Ventajas y desventajas.—La exactitud de los mapas topográficos corrientes les da una ventaja definida en cuanto a medidas de distancias y direcciones. La disposición de la topografia es muy útil para lograr comprensión de los suelos así como para el estudio del drenaje, riego y ciclos erosivos. Su detalle planimétrico releva al edafólogo de una parte de esta tarea cuando se están levantando mapas de suelos.

Como base para el levantamiento detallado de suelos, la hoja topográfica adolece de falta de detalle del terreno — linderos entre campos, arboles y arbustos aislados, cercas y otras características similares — las cuales se pueden apreciar en los buenos mosaicos o aerofotografías. Otras desventajas son lo pequeño de la escala y la falta de mapas para grandes áreas. La disposición del drenaje en las hojas topográficas no esta mostrada con el detalle requerido en mapas de suelos. Algunos de los mapas topográficos viejos no son exactos

y necesitan revisiones; los mapas topográficos de años recientes, hechos a partir de fotografías aéreas son mucho más exactos.

Debe recordarse al planificar la utilización de hojas topográficas para la preparación de mapas de suelos para publicación, que se trata de algo más que un simple traslado de linderos de suelos a las hojas. Su uso puede o no reducir los costos, lo cual depende del proyecto.

En donde se dispone de hojas topográficas recientes a escala grande, que cubren una buena parte o el total de una área por estudiar, pueden ser de mucha utilidad para la publicación del mapa de suelos. El uso de tales hojas elimina la necesidad de construir una base, lo cual es especialmente útil en áreas muy cultivadas. En áreas de bosques densos los mapas topográficos muestran mayor número de puntos de orientación que una fotografía aérea. Estas hojas sirven únicamente para base de manuscrito aún después de que se los tiene en hojas del tamaño adecuado para el mapa de suelos. Después de esto es necesario aún transferir los datos de suelos a este manuscrito y preparar negativos de vidrio para separaciones de color por medio de las que se distinguen de los cultivos, suelos y drenaje (1). Luego estas separaciones de color se imprimen o se graban, se preparan las nuevas inscripciones y los letreros impresos se adaptan a las separaciones de color. Después se preparan y montan las planchas para los tintes que separan suelos; este trabajo se edita como prueba. Las separaciones completas de colores se copian después, se hacen las planchas litográficas y se imprimen copias litográficas.

Cuando se tratan de usar hojas topográficas viejas, hechas con especificaciones de menor precisión, y que requieren muchas revisiones, puede ser que cueste más el preparar el mapa de suelos que hacer una base nueva a partir de fotografías aéreas. Las dificultades que se encuentran en trasladar las líneas de suelos y los símbolos de las fotografías aéreas y el ajustarlas para calzar los cuadrángulos viejos y revisar la planimetría, ocasionan gastos que superan las economías hechas con su uso.

Unicamente son recomendables como mapa base las hojas topográficas que hayan sido hechas recientemente, a una escala grande y que cubran la mayor parte del área de estudio. Lo mejor de todo sería disponer tanto de fotografías aéreas como de mapas topográficos recientes hechos de fotografías aéreas.

Procedimiento para la obtención de los mapas topográficos de exactitud normal.—Los mapas topográticos corrientes son publicados principalmente por la Sección Topográfica del Servicio de Levantamiento Geológico de los Estados Unidos, por el Servicio de Levanta-

(1) Véanse las Notas acerca de Compilación y Reproducción de Mapas, Apéndice III.

miento Geodésico y de Costas de los Estados Unidos y por el Servicio de Mapas del Cuerpo de Ingenieros del Ejercito.

La Sección Cartográfica de la División de Levantamiento de suelos recibe las últimas listas y las nuevas hojas topográficas conforme van siendo publicadas; de aquí pueden obtenerse los mapas topográficos necesarios para levantamientos de suelos. Además de los mapas, la Sección Cartográfica puede dar informes acerca de los trabajos en ejecución en áreas específicas, fechas probables de finalización de esos trabajos y detalles concernientes al programa de levantamiento topográfico. Cuando hay urgencia de mapas se pueden obtener frecuentemente pruebas preliminares o copias de material manuscrito antes de su publicación. Cuando la Sección Cartográfica suple fotografías aéreas para un levantamiento de suelos, normalmente envía todas las hojas topográficas disponibles dado que ellas son muy útiles como referencia de nombres locales y para el estudio del suelo, aunque no sean utilizadas como mapas base.

Costos.—Las hojas topográficas de exactitud normal son de construcción y publicación costosas. Además de servir como bases planimétricas para mapas de suelos, sirven a un sin número de propósitos útiles.

Mapas planimétricos de exactitud normal.—Un mapa planimétrico presenta la posición horizontal de las características físicas de un área en un plano y a escala definida. Se diferencia de los mapas topográficos en que no se indican las alturas; en los demás aspectos están sujetos a los mismos procesos utilizados para la publicación de mapas topográficos. Aunque no se ha establecido normas precisas y de aceptación general para mapas planimétricos, muchas agencias de levantamiento han establecido normas que se aproximan o igualan las establecidas para mapas topográficos. Para levantamiento de suelos sirven únicamente los mapas planimétricos exactos.

Tipos.—Aunque las normas para los mapas planimétricos varían más que para los mapas topográficos, corrientemente son publicados en hojas similares a las de los mapas topográficos y a escalas aproximadamente iguales. Siempre se encuentran algunas diferencias originadas en las variaciones de objetivo y en las necesidades de las agencias que los preparan. Como bases para la cartografía de suelos, estas diferencias son de menor importancia si se les compara con la exactitud.

Ventajas y desventajas.—Los mapas planimétricos tienen algunas de las mismas ventajas ofrecidas por los mapas topográficos cuando se les usa como base para levantamiento de suelos. La excepción mayor es la omisión de la topografía la cual es de tanto valor

para el estudio e interpretación de los suelos; además su exactitud es más incierta. En donde la exactitud es igual a la de mapas topográticos buenos, los mapas planimétricos son muy útiles, aún cuando el levantamiento de suelos sea hecho originalmente sobre fotografías aéreas.

Procedimiento para la obtención de los mapas planimétricos.—Tal como sucede en el caso de los mapas topográficos corrientes, la Sección Cartográfica recibe copias de las hojas planimétricas que se publican, las cuales pueden obtenerse cuando se necesiten. Cuando están disponibles, generalmente se reciben junto con las fotografías aéreas para referencia.

Costos.—Aunque son más baratos que los mapas topográficos, los mapas planimétricos exactos cuestan relativamente más que los mosaicos convencionales controlados.

Otros tipos de mapas.—Las agencias públicas y privadas publican muchos otros tipos de mapas. Estos van desde mapas de caminos a escalas pequeñas, distribuidos por las compañías petroleras, hasta los mapas detallados utilizados en el planeamiento de ciudades. La mayoría de ellos se diseñan, construyen y reproducen para llenar propósitos especiales. Para alcanzar objetivos determinados, ciertos detalles de estos mapas corrientemente son exaltados por medio de la exageración de ciertos aspectos y la subordinación de otros. Un típico ejemplo de lo dicho lo constituyen los mapas de caminos a escalas pequeñas. En estos mapas se muestran en forma prominente las carreteras, sus números distintivos, pueblos, ciudades, puntos de interés y distancias, mientras se omiten o subordinan el drenaje, líneas de ferrocarril, líneas eléctricas y límites de propiedad.

Las cartas aeronáuticas son mapas con un propósito especial, diseñadas y construídas específicamente para la navegación aérea. La escala es pequeña de modo que en una hoja se muestra una extensa área. Se hace hincapié con símbolos mayúsculos y corrientes en los rasgos del terreno que desde el aire aparecen como prominentes, mientras que otras características de igual importancia se subestiman o se omiten por completo. Las elevaciones se muestran por medio de tintes escalonados de colores, los cuales permiten al navegante determinar rápidamente la altura de vuelo necesaria en determinada área. Los datos de navegación se muestran en sobreimpresos brillantes.

Los planos de levantamiento de tierras públicas constituyen otra forma de mapas de propósito especial, destinados a presentar los datos del levantamiento. Se usa una escala grande y usualmente incluyen una unidad de levantamiento, como por ejemplo un municipio. Se muestran rumbos y distancias, subdivisiones de secciones, números que se refieren al área y otros datos del levantamiento. Las caracte-

rísticas de drenaje y culturales se reducen a un mínimo y son exactas únicamente cuando se encuentran relacionadas con las líneas de levantamiento.

Los mapas que sirven a un propósito especial, como los descritos anteriormente, no tienen ningún valor o lo tienen en muy pequeña escala como bases para levantamientos detallados de suelos. Estos mapas son sin embargo útiles como referencia.

Para estudios amplios de reconocimiento de suelos pueden ser útiles como base, ciertos mapas especiales. Las cartas aeronáuticas, por ejemplo, son de utilidad para levantamientos rápidos a escalas pequeñas de grandes áreas. Tienen detalle suficiente para orientarse, la exactitud es buena para su escala y la generalización del relieve facilita la cartografía de suelos.

La Sección Cartográfica puede suplir a los equipos de campo con muchos mapas especiales como: carta aeronáuticas, mapas geológicos, mapas forestales, cartas de costa y puertos, mapas de levantamientos conservacionistas, mapas de la oficina del Censo, mapas de la Oficina de Correos y mapas de Carreteras.

EQUIPO

Las necesidades de equipo varían tanto de un lugar a otro que aquí únicamente es posible tratar sobre el equipo de uso general. En otras secciones del **Manual** se mencionan artículos necesarios para casos especiales. En los Apéndices se trata todo lo relacionado con planchetas, brújulas y los accesorios con ellos relacionados.

EQUIPO ESPECIAL PARA FOTOGRAFIAS AEREAS

Los materiales que se usan para delinear los cultivos, linderos de suelos y los símbolos en los mosaicos y las fotografías aéreas deben seleccionarse para facilidad de uso, lo cual incluye correcciones, limpieza, claridad y durabilidad. Estos materiales son hoy lo suficientemente corrientes como para conseguirlos fácilmente en los almacenes comerciales.

Lápices.—A pesar de la amplia variación personal en cuanto a preferencia por tipos y dureza de lápices, los requerimientos básicos siguen siendo los mismos. La escritura con lápiz debe ser bien delineada, clara y legible pero hecha sin rasgar o cortar la emulsión fotográfica. Los lápices deben ser lo suficientemente suaves como para que dejen una línea legible pero no tanto como para que se borren o manchen con el manipuleo ordinario de las hojas. Los lápices muy suaves dejan una línea gruesa, la cual ensucia y mancha, dejando un residuo polvoriento sobre la superficie de la fotografía que encubre otros datos. Por otro lado, los lápices muy duros rasgan o dentan la emulsión fotográfica, lo cual hace el entintado muy dificil y requiere borrar

tan fuertemente cuando se trata de hacer alguna corrección que la emulsión fotográfica puede romperse.

Las variaciones en la superficie de la fotografía y en las condiciones atmosféricas determinan, en parte, la escogencia de los lápices. En fotografías duras y brillantes es necesario usar un lápiz suave para que las líneas se adhieran al papel. En los terminados mate más suaves, es mejor un lápiz duro. Cuando el tiempo está húmedo o en climas húmedos, se usan lápices más suaves que cuando el tiempo es seco o cuando las condiciones climáticas son desérticas.

Según sean las condiciones, se usan en zonas secas lápices de dibujo corrientes, de buena calidad, que varía desde H hasta 4H; y HB a 3B para regiones húmedas o períodos de tiempo húmedos.

Tintas.—Las tintas deben ser de colores brillantes, de densidad opaca, que corran fácilmente, que no se borren con el agua, de secamiento rápido y de las clases que se puedan fotografiar bien.

Cuando el entintado se hace directamente sobre las fotografías aéreas, se debe usar tinta corriente a prueba de agua. Si el entintado se hace sobre una capa sobrepuesta de acetato o plástico en vez de ser directamente aplicado a la fotografía, se usan tintas especiales que se adhieran bien a esos materiales y que sean fáciles de usar. Estas son llamadas tintas de acetona y éllas graban ligeramente el plástico. Tales tintas especiales son muy difíciles de borrar por lo cual no son aconsejables para ser utilizadas directamente sobre las fotografías pues al hacerlo frecuentemente se daña la emulsión, además de que las fotografías se manchan de marrón. Las tintas de dibujo corriente, a prueba de agua, pueden usarse sobre fotografías cubiertas con acetato o con plástico si se les aplica inmediatamente otras láminas protectoras que prevengan la borradura o requebramiento de las líneas. Estas coberturas protectoras de plástico pueden aplicarse con una tela suave, con brocha o por medio de atomizadores. Su secado es rápido, son transparentes y pueden marcarse con lápiz o tinta. Debe aplicarse únicamente una ligera capa protectora, de sello. En la preparación de algunas copias de contacto hechas a partir de las hojas originales, cuando la capa selladora se ha aplicado en cantidad excesiva tiende a adherirse a los rodillos.

Para el entintado se usan únicamente las tintas cuyos colores permitan copias fotográficas buenas de las hojas de campo. Muchos de los colores no se fotografían bien, a menos de que sean copiados con el uso de filtros. Estos filtros pueden hacer resaltar algunos colores por el opacamiento de otros. Su uso también aumenta el tiempo requerido para copiar. Generalmente se pueden hacer buenas fotografías de los colores negro, rojo y marrón; las cualidades fotográficas del azul, verde y amarillo normalmente son malas, pero pueden mejorarse si se les mezcla pequeñas cantidades de los colores que tienen buenas cualidades fotográficas.

Los colores mezclados, como por ejemplo negro con azul, debe

contrarrestar en las hojas de campo y permitir al mismo tiempo copias satisfactorias. Si una línea debe aparecer en azul en la hoja de campo y además tener suficiente negro para permitir buenas copias fotográficas, debe agregársele únicamente un poquito de negro al azul.

Capas transparentes.—Hay en el comercio números materiales transparentes que son apropiados para capas-sello de fotografías o mosaicos aéreos. Estos son de dos clases generales: (1) Plásticos y (2) acetatos. Ambos pueden ser obtenidos para una variedad de espesores y acabados.

Los materiales que se superponen a las fotografías deben tener una consistencia dimensional. Si no tienen esta característica, se encuentran luego dificultades de concordancia entre la cubierta transparente y la fotografía y en el apareamiento de una cubierta transparente con otra.

Los materiales más útiles como cubiertas transparentes tienen un grosor que oscila entre 0,13 y 1,9 mm. Se necesita un grosor suficiente que asegure cierta rigidez y evite el enrollamiento pero que no sea tan grande como para hacer las hojas muy voluminosas y de difícil manejo. Las mejores coberturas son transparentes, con una superficie granulada. Estas tienen transparencia máxima y su superficie es adecuada para trabajo de lápiz y de tinta. Se puede usar tinta china sobre capas de plástico o acetato no granulados siempre que se evite ensuciarlas con sudor u otras sustancias aceitosas. Se debe aplicar una capa selladora inmediatamente después.

Un material que sea dimensionalmente estable, con acabado mate en un lado y de un grosor de 0.19 mm. es totalmente satisfactorio.

Tipos de papel de fotografía.—Al ordenar las fotografías o los mosaicos aéreos, a menudo es útil para el edafólogo especificar el tipo y acabado del papel sobre el cual se deben imprimir las fotografías. Entre las numerosas clases que existen, los hay satisfactorios para el trabajo de levantamiento de suelos y los hay que no lo son.

La mayoría del papel para fotografía se puede obtener en tres espesores o pesos: liviano, simple y doble. Los papeles livianos son muy delgados y flexibles para la mayoría de los trabajos de levantamiento de suelos. Cuando se desean pasar datos de las fotografías de campo a otras utilizando una mesa copiadora (provista de luz), las fotografías deben ser hechas con papel delgado y por lo tanto son satisfactorios los papeles livianos. Existe un papel extrafino que es especialmente bueno para este propósito.

El papel de peso simple es algo más grueso que el liviano y se usa comúnmente para la impresión de fotografías aéreas que van a ser utilizadas únicamente en trabajo de oficina. Aún este peso re-

sulta muy liviano para uso satisfactorio de campo, en donde las fotografías se manipulan en exceso y en donde están expuestas a condiciones variables de tiempo.

El papel de peso doble tiene aproximadamente el doble del grosor del simple; es duro y no se enrolla y tiene un grado de estabilidad dimensional, por lo que es el mejor para uso de campo en el levantamiento de suelos.

Los acabados fotográficos son clasificados a grandes rasgos como: brillante, semi mate y mate. La superficie de una fotografía brillante es demasiado lisa y pulida para poder dibujar bien con lápiz o tinta y por lo tanto no se pueden usar convenientemente. Los acabados semi mate y mate toman el lápiz y la tinta bien y son estos acabados lo que se utilizan en fotografías sobre las cuales se van a registrar los datos de levantamiento.

Los tipos de papel fotográfico a prueba de agua son ventajosos para algunos levantamientos de suelos. Estos pueden procesarse con mayor rapidez que los papeles convencionales y si son tratados en forma apropiada su estabilidad dimensional es algo mejor. Para levantamientos de regiones húmedas el papel a prueba de agua tiene la ventaja de absorber menos humedad.

Plumas.— Estas deben tener puntas que vayan de medianamente finas hasta finas. Las plumas que tienen puntas firmes y duras son más preferidas que aquellas que tienen extremos flexibles. A menos que sean utilizadas por expertos, estas últimas plumas con puntas muy flexibles se expanden y las líneas resultantes son muy gruesas o muy delgadas. Las puntas de estas plumas pierden muy rápidamente rigidez si se abusa de ellas y por lo tanto se vuelven inservibles. Las plumas más rígidas y ordinarias permiten un delineamiento más uniforme y consistente.

Borradores.—Para borrar líneas hechas en fotografías aéreas con lápices muy suaves, corrientemente son satisfactorios los borradores de dibujante. Las líneas hechas con lápices duros pueden quitarse con un borrador suave (plegable). Las líneas con tinta que no puedan ser removidas con el borrador suave (plegable) pueden quitarse humedeciendo primero con alcohol o agua y borrando luego. Debe tenerse cuidado para que la emulsión fotográfica no se humedezca tanto como para resquebrajarse o romperse al borrar. No deben usarse borradores ordinarios o abrasivos en las fotografías, pues la emulsión queda tan arañada y quebrada que el entintado se vuelve difícil o imposible.

El "sketchmaster".—El "sketchmaster" es un instrumento pequeño que sirve para reflejar la imagen de la fotografía aérea en un mapa manuscrito. La fotografía se monta paralelamente al mapa manuscrito en una armadura sobre un trípode. El operador mira hacia abajo a través de un espejo plateado hasta la mitad, colocado al centro del instrumento, y que ve la imagen de la fotografía sobre-

impuesta al mapa manuscrito (fig. 1). Este puede por medio del ajuste de la altura de las tres piernas del trípode corregir defectos de inclinación y escala. El "sketchmaster" puede utilizarse para el esbozo a escalas que varíen entre la mitad y el doble de las fotografías.

Lo sencillo, compacto y portatil del "sketchmaster" lo hacen un instrumento excelente para uso en las oficinas de campo.,para trasladar datos planimétricos y de suelos de las hojas al mapa manuscrito.

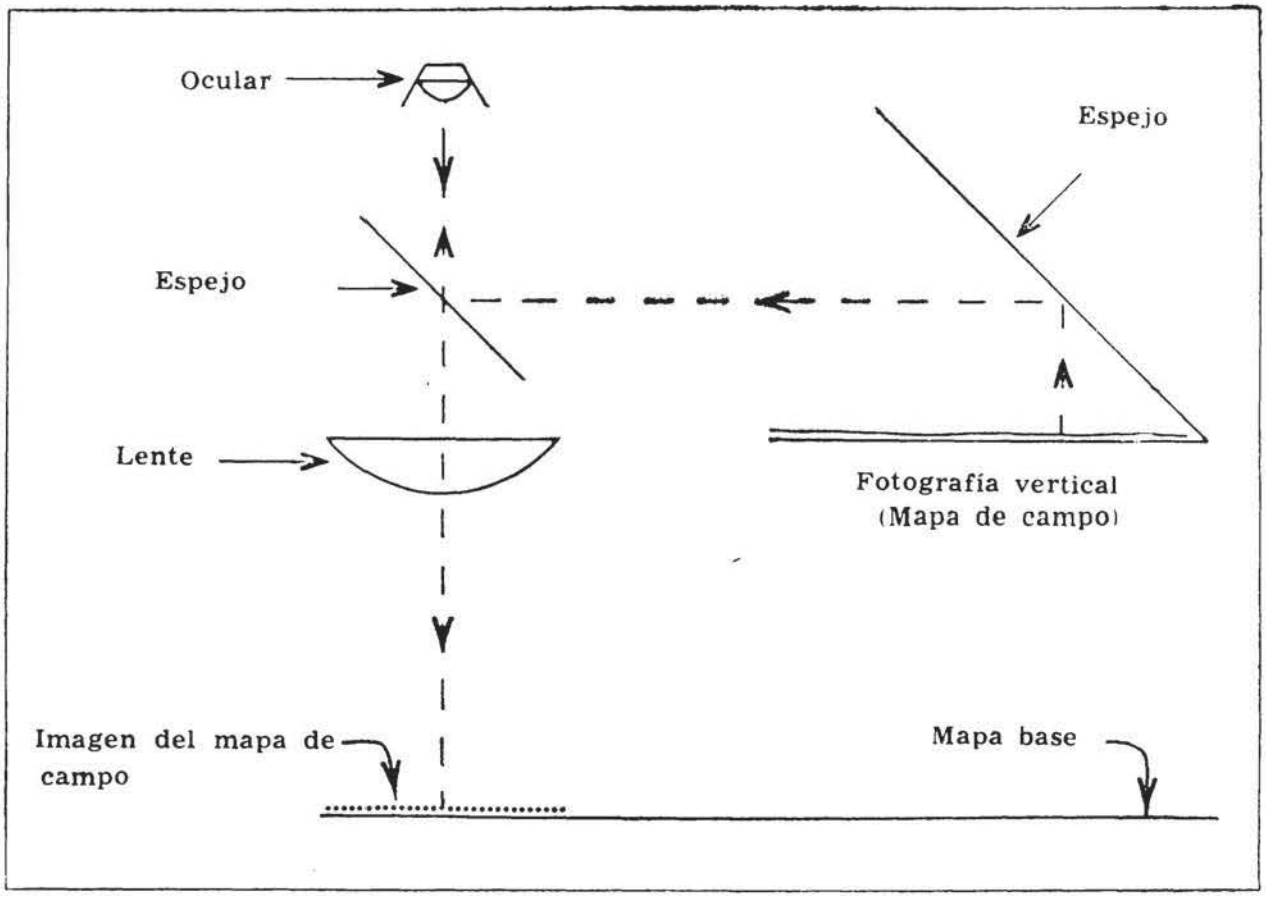


Fig. 1. — **Diagrama que muestra los principios utilizados en un tipo común de "sketchmaster"** usado para transferir datos de fotografías a mapas manuscritos.

El "sketchmaster" puede ser vertical u oblícuo. El vertical se usa con fotografías aéreas verticales y el oblícuo en fotografías aéreas oblícuas. Como en el levantamiento de suelos se usan principalmente fotografías verticales, únicamente trataremos aquí sobre el "sketchmaster" vertical. Se usa la misma técnica general con fotografías y con hojas levantadas con plancheta.

Para trabajar con el "sketchmaster" primero se traza un marco de control en el mapa manuscrito y dentro de él se transfiere el detalle de la fotografía. Este marco de control ayuda al operador a orientar su instrumento y a transferir de este modo los datos del mapa a su posición correcta en el manuscrito. El marco de trabajo puede estar formado por las estaciones fotogramétricas, cultivos o drenaje, junto con líneas de secciones establecidas u otras líneas o señales similares.

Si el manuscrito es un mapa topográfico o planimétrico normal, es necesario transferir únicamente las líneas de suelos y los símbolos, así como las correcciones requeridas para cultivos y drenaje.

El operador usa el "sketchmaster" en la forma siguiente:

(1) Después de examinar la fotografía aérea para asegurarse de que el detalle está delineado con claridad, se inserta en la armadura en tal forma que quede perfectamente plana y que muestre todo el detalle.

(2) El instrumento se coloca sobre el mapa manuscrito y mirando a través del ocular, el operador orienta el instrumento en tal forma que la imagen reflejada del instrumento se acerque a la posición correcta en el manuscrito.

(3) Entre los lentes que vienen junto con el instrumento se selecciona el que elimine a la escala usada, prácticamente todo el paralaje. Con armadura baja, por ejemplo, se usa uno de los lentes de alta numeración. Cuando un punto del manuscrito se mueve en dirección opuesta al del ojo del operador, debe seleccionarse una lente de menor numeración.

(4) La escala se ajusta levantando o bajando las tres patas de la armadura del instrumento. El ajuste final se hace por medio del tornillo de pié. Cuando la fotografía ha sido tomada con el avión inclinado, puede corregirse ajustando una o dos de las patas.

(5) El detalle en el manuscrito debe coincidir con el que se refleja en la fotografía aérea.

(6) Una vez hecho todo lo anterior, el detalle de la fotografía aérea puede transferirse al mapa manuscrito. Al trazar los detalles en las vecindades de los controles, debe mo-

verse el ojo ligeramente con el fin de situar los controles individuales en forma exacta. Cuando se traza un riachuelo por ejemplo, el operador se mantiene sobre el control o cerca de él. Cuando no hay control para un rasgo que se esté trazando, un operador de experiencia puede orientar en forma apropiada puntos cercanos en tal forma de localizar los linderos en forma correcta. El traslado de rasgos puede extenderse hasta los bordes mismos de las fotografías verticales.

Para la realización de este trabajo se requiere buena luz. Los espejos no deben tocarse con las manos pues la sal presente en el sudor descompone la cobertura química del espejo y lo daña.

HERRAMIENTAS NECESARIAS PARA LA TOMA DE MUESTRAS DE SUELO

La herramienta más importante del edafólogo es la humilde pala, suplementada por el pico y el taladro de suelos. La pala se usa casi en forma exclusiva para exponer los perfiles para examen morfológico; esto es indispensable en el trabajo incial de preparación de la leyenda cartográfica, y en la toma de muestras y fotografías. Para los exámenes de rutina frecuentes en el levantamiento de suelos. La pala es generalmente, aunque no siempre, superior al taladro. En donde, por ejemplo, la característica diferenciadora principal entre dos tipos o fases de suelo es la profundidad hasta un estrato subyacente profundo de arcilla, o el color del sustrato, el taladro de suelos puede ser superior a la pala, tanto en rapidez como en conveniencia. Tal vez la peor característica del taladro es que destruye la estructura del suelo, tan importante para la clasificación e identificación. En suelos secos y pedregosos es difícil el uso del taladro; tampoco la pala se puede utilizar con rapidez y es aquí en donde el pico se convierte en la herramienta de mayor importancia. Siempre que sea práctico, debe darse preferencia a la pala sobre el taladro, especialmente en la parte superior del suelo — el solum. — En donde se usa con mucha frecuencia el taladro para identificar suelos, deben examinarse a menudo algunos perfiles expuestos de suelos en forma tal que sea posible confrontar los resultados.

Palas y picos.—La pala plana de punta cuadrada (fig. 2-A) es la más conveniente para la recolección de muestras, especialmente después de que la excavación preliminar ha sido hecha. Sin embargo, la pala más ventajosa en levantamiento ordinario de suelos es la pala de abrir huecos para postes de cerca, modificada (fig. 2-B y C). Para mejores resultados, se le quitan a estas palas las esquinas. La pala común de abrir zanjas se entierra mucho en su extremo, a pesar de lo cual es una herramienta útil para algunos suelos y es generalmente superior, en suelos cascajosos, a la pala de abrir hoyos. En donde

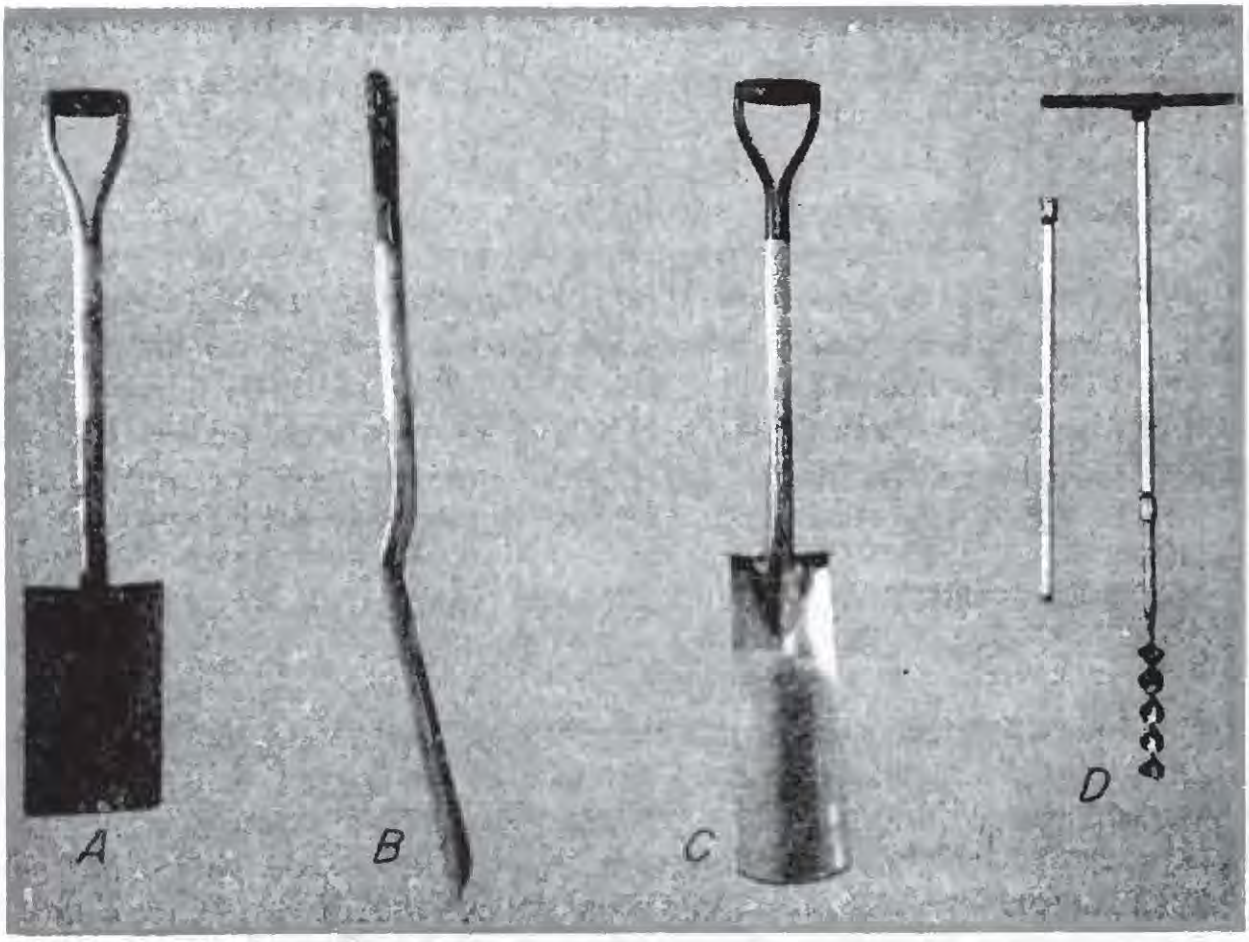


Fig. 2. — **Herramientas para toma de muestras de soelos: A) pala de extremo cuadrado, de utilidad especial para tomas de muestras; B) vista frontal de la pala de abrir hoyos para postes, la cual es la herramienta más útil en el muestreo; y D) taladro de suelos con extensión.**

se necesitan hoyos profundos, como para el examen de suelos Aluviales bajo riego, la pala de regador con mango largo es muy útil. Puede que sea necesario suplementar esta pala con una barra de hierro con el objeto de penetrar las capas compactas y cementadas, el pico debe tenerse siempre a mano, especialmente para hacer hoyos en suelos duros, secos, pedregosos o gravosos. Para algunos suelos presta un servico satisfactorio el tipo de pico de trinchera, aunque comúnmente es mejor un pico más pesado y de mango largo. En uno de los lados debe hacérsele una buena punta, afilada, mientras que al otro se le da forma de formón. Para penetrar capas endurecidas o muy cementadas es de mucha utilidad disponer de una barra con un extremo en forma de cincel.

Para examen de los suelos y las rocas a lo largo de cortes de caminos, es muy útil un martillo de geólogo o un pico pequeño de mano, uno de cuyos extremos puede ser utilizado como martillo. Para suelos húmedos y para aquellos con muchas raíces lignificadas, es mejor un martillo que tenga una hachuela mientras que para suelos secos es mejor un martillo con una punta bien aguzada.

Taladros.—El tipo de taladro de tornillo (fig. 2-D) consiste esencialmente de un taladro para madera al cual se han quitado las pestañas cortantes y la punta y luego ha sido soldado a un mango de acero o a un tubo de hierro, al cual se le ha colocado una pieza en T al extremo opuesto, que sirve como manubrio. La rosca debe tener unos 18 centímetros de largo y la distancia de hilo a hilo debe ser similar al diámetro, de 1 ¼ a 1 ½ pulgadas (31 a 37 mm.). Cuando la distancia entre hilos es menor, se hace difícil remover la tierra con el dedo pulgar. El taladro de mayor uso tiene una longitud de un metro o uno cincuenta y se hace de una sola pieza, llevándose otro taladro con extensiones, para cuando sea necesario profundizar más. En suelos arcillosos el taladro de una pulgada puede ser más conveniente que los de mayor diámetro. Es conveniente tener el eje del taladro marcado con una escala que indique la distancia desde la punta hasta el mango.

El taladro de tipo tubular, o de huecos para postes, mostrado en la figura 3 es generalmente mejor que el tipo viejo de tornillo. Para regiones secas es especialmente mejor, mientras que el de tornillo es más apropiado para zonas húmedas. Con el tipo tubular se obtiene una muestra mayor y menos alterada, trabaja bien en suelos sueltos arenosos y secos y en suelos compactos. El cilindro tiene un diámetro que va desde 5 a 10 cm., siendo generalmente de 8.5 cm. Las cuchillas cortantes están hechas en tal forma que van aflojando el suelo y lo van forzando hacia la parte interior del cilindro conforme se le da a éste vueltas y se entierra en el suelo. Cada cilindro lleno representa una penetración de 7.5 a 12.5 cm. Aunque ambos extremos del cilindro están abiertos, el suelo se compacta lo suficiente como para no caer mientras se retira el taladro. Si el cilindro está lleno sólo parcialmente o si el suelo está muy seco y arenoso, puede que sea necesario compactarlo, con una varilla de madera por el lado superior, para poder retirarlo sin que se salga de la tierra. En suelos muy arenosos lo mejor es el uso de cilindros pequeños. Para remover la tierra del cilindro sólo es necesario darle unos golpes en el suelo.

El tipo tubular de taladro disturba el suelo pero no tanto como lo hace el de tornillo. Con el tipo tubular se pueden observar mejor la estructura, porosidad, consistencia y color del suelo, pero aún así, las excavaciones son necesarias para el estudio morfológico debido. El tipo tubular no es apropiado para utilización en suelos arcillosos húmedos. Para suelos que permanecen húmedos la mayor parte del año, el taladro de tornillo es más rápido.

Aunque los taladros de suelo son de forma simple y su apariencia es un poco grosera, se necesita considerable habilidad para usarlos en forma efectiva cuando se trata de realizar observaciones de valor para caracterizar el perfil del suelo.

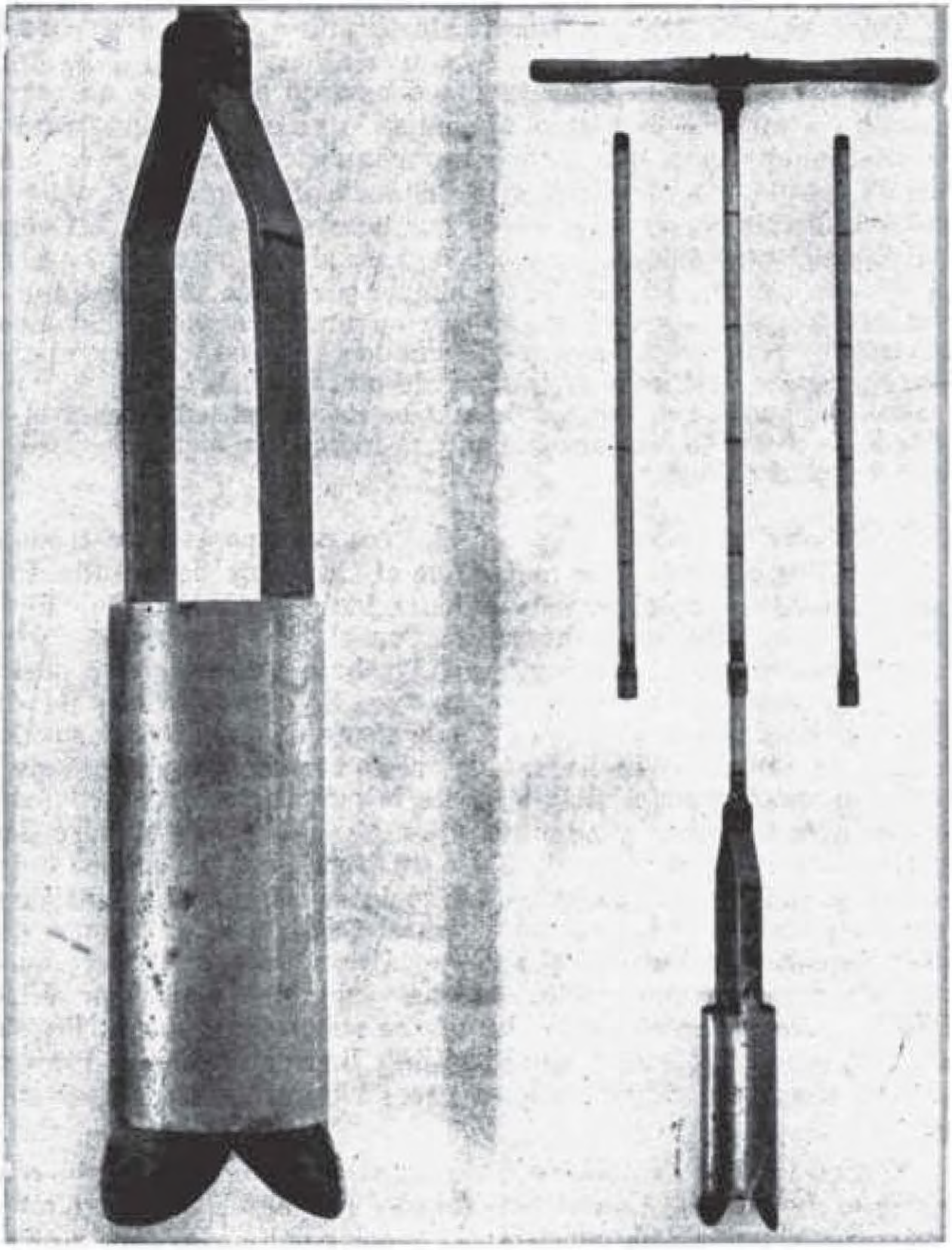


Fig. 3. — Taladro para suelos, tipo tubular: a la izquierda, vista a corta distancia de la sección de corte; a la derecha, el taladro completo, con extensiones, marcadas a intervalos de 15 centímetros.

Instrumento para tomar muestras en turbas.—El examen de depósitos profundos de turba se hace por medio de un instrumento especial. Aunque se han inventado numerosos aparatos, el más usado en los Estados Unidos es el de Davis, o alguna modificación de él. Este se muestra en la figura 4. Consiste de diez o más secciones de varillas de acero, cada una de 0.6 a 1.2 m. de largo, y un cilindro de bronce o duraluminio de aproximadamente 35 cm. de largo con un diámetro interior de 1.9 cm. (3/4 de pulgada). El cilindro está provisto con un émbolo de forma cónica en su extremo interior, con un resorte de presión cerca de su parte superior. Se fuerza el instrumento para que entre en la turba hasta que alcance la profundidad a la cual se desea tomar la muestra; entonces el resorte de presión permite el retiro del émbolo de su camisa cilíndrica. Una vez retirado el émbolo y fijo en esa posición, se puede llenar el cilindro con el material orgánico empujándolo hacia abajo. El cilindro proteje totalmente la muestra de contaminaciones y no destruye su estructura cuando se remueve el instrumento.

Comenzando en la superficie, se toman muestras consecutivas a intervalos de 15 a 30 cm. Las longitudes de las varillas de acero usadas permiten una estimación fácil de la profundidad de cada muestra. Para depósitos muy profundos, se usan varillas extra de 0,6 a 1,2 m. de largo. Cada una de estas secciones tiene en un extremo roscas para atornillar a una unión pequeña que se encuentra en el lado opuesto de otra de las varillas. Para trabajos livianos, las secciones pueden atornillarse y destornillarse por medio de alicates; para trabajo duro en depósitos profundos, se usan llaves de tubo pequeñas.

Otras herramientas para toma de muestras.—En algunos levantamientos de suelos ya sea para estudios especiales o para cortes a través de suelos muy compactos y cementados, se usan taladros mecánicos montados en la parte posterior de un camión o sobre un remolque; algunos de ellos son hechos en forma particular y otros se pueden adquirir manufacturados. Algunos son del tipo cilindro, similares a los descritos para uso manual o construidos en tal forma de obtener una sección no disturbada del perfil completo del suelo (2). Otros son del tipo de tornillo. Aún se necesita mayor experiencia con taladros mecánicos. En la figura 5 se muestra uno actualmente en uso, fabricado en forma particular.

---

(2) Para una descripción de un taladro mecánico, véase KELLY, O. J.; HARDMAN, J. A.; JENNINGS, D. S.: A SOIL SAMPLING MACHINE FOR OBTAINING TWO, THREE, AND FOUR INCH DIAMETER CORES OF UNDISTURBED SOIL TO A DEPTH OF SIX FEET. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 12:85-87, illus. 1947.

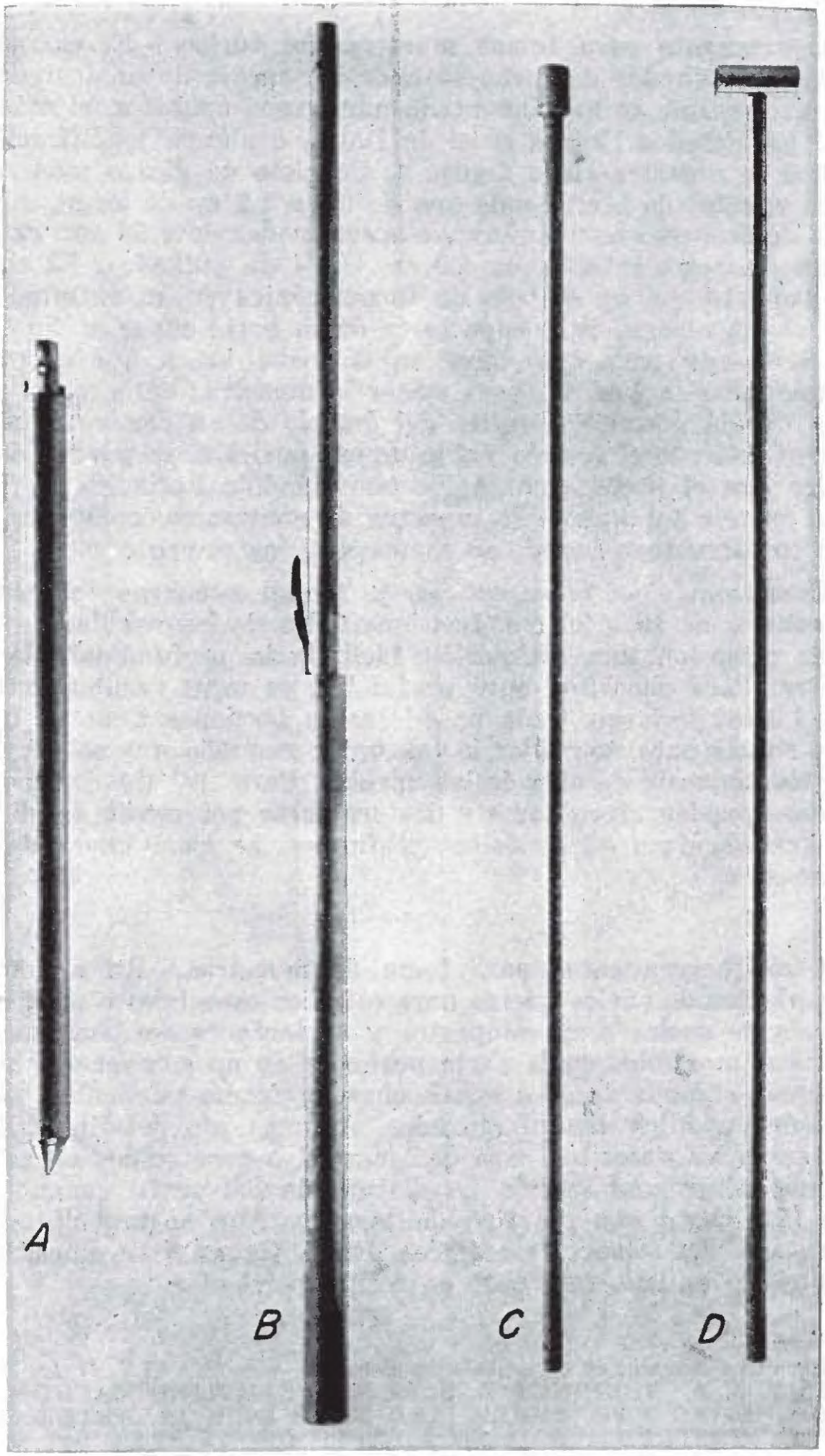


Fig. 4. — **Instrumento para tomar muestras en turbas: A) con el cabezal cerrado, listo para ser enterrado en la turba; B) el cabezal abierto, tal y como se encuentra inmediatamente antes de tomar una muestra; C) una varilla de extensión de 60 cm. de largo, y D) la varilla de extensión del extremo superior.**

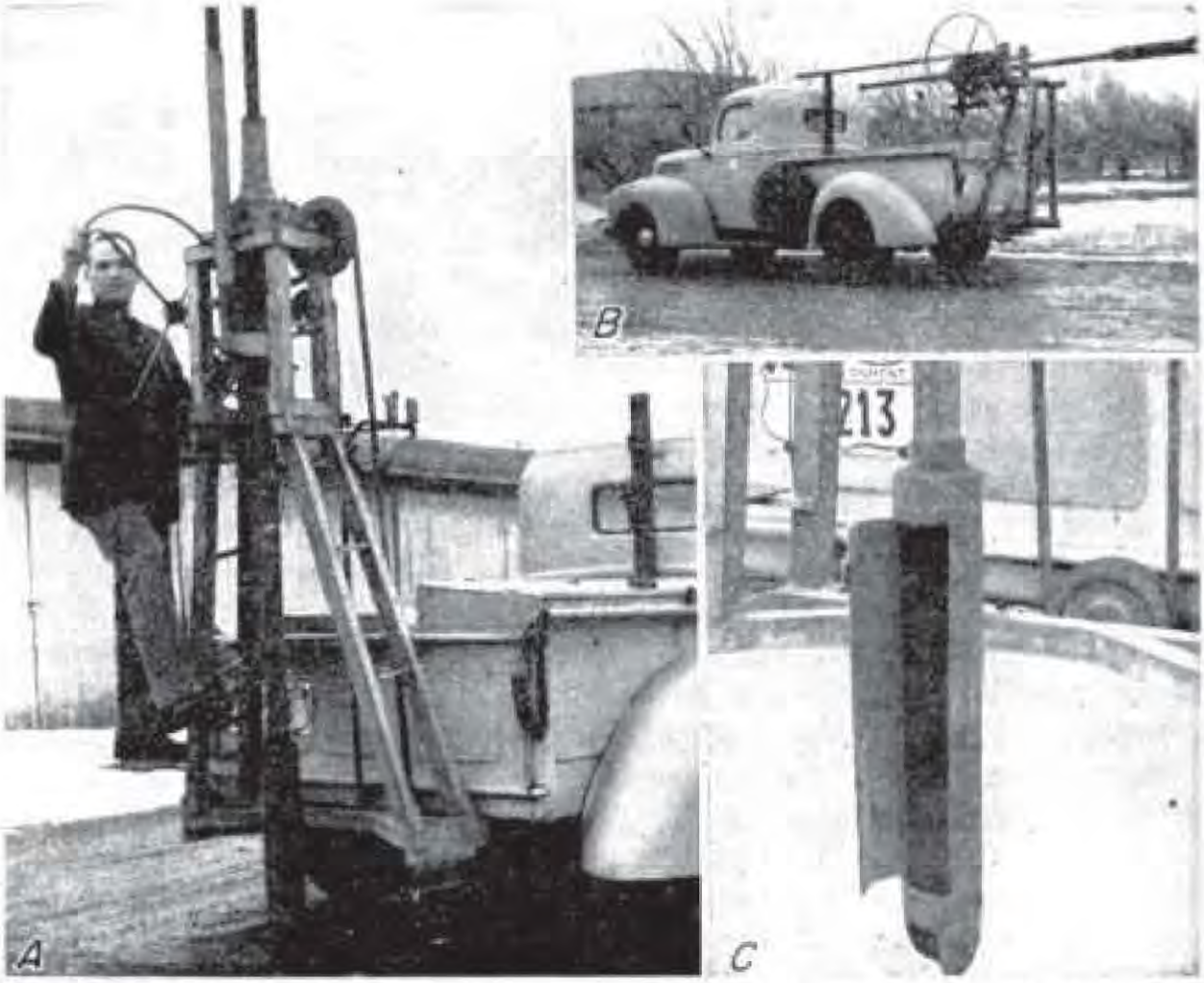


Fig. 5. — **Taladro mecánico de suelos, de tipo casero: A) montado en una camioneta, en posición de operar; B) en posición de transporte; C) la broca vista de cerca.**

Otra herramienta usada muy poco en el trabajo rutinario de levantamientos de suelos pero útil en la recolección de muestras, es el tubo de suelos King, o su modificación, el cual consiste de un tubo angosto y largo que puede enterrarse en el suelo. Se usa principalmente para recolectar muestras para determinaciones de humedad y densidad aparente (o volumen-peso). Para recoger muestras para determinaciones de densidad aparente en horizontes de suelo, se usa un tubo corto y ancho. Para cortar bloques de suelo cementado o compacto es conveniente disponer de un cortafrío o cincel plano corriente. Para la toma de muestras de horizontes delgados y para llenar los sacos se usa generalmente una cuchara corriente de albañil. Una paleta especial para este propósito, consiste en una cuchara ordinaria de jardín, curva, cortada longitudinalmente por la mitad y afilada. Otras buenas herramientas son: una cuchara de hoja recta con filo aparrado, y el pequeño pico de acero del tipo utilizado por los obreros franceses en la colocación de techos de pizarra. Su cabeza tiene un cincel de hoja ancha en un lado y en el otro un martillo pequeño. Finalmente, todo edafólogo necesita un buen cuchillo.

APARATOS PARA PRUEBAS DE CAMPO

Para determinaciones de pH existen varios equipos de campo apropiados. En donde los suelos tienen un pH muy alto o muy bajo, mucha cantidad de materia orgánica o son salinos, es preferible usar un equipo de campo eléctrico, en vez de los tipos colorimétricos más sencillos. La prueba para carbonatos puede hacerse con una solución acuosa de ácido clorhídrico al 10%, la cual se usa en una botella con gotero.

Debe leerse lo correspondiente a Reacción del Suelo y a Estimación y Mapeo de Sales y Alcalis, siendo igualmente necesario proveerse del equipo apropiado de acuerdo a las exigencias.

Además de las pruebas mencionadas, se puede realizar la prueba de dióxido de manganeso usando una solución al 10% de peróxido de hidrógeno, la cual se lleva en una botella con gotero. Esta no constituye una prueba para el manganeso total y la efervescencia que se pueda producir no está correlacionada necesariamente con concentraciones tóxicas. La prueba del peróxido es de utilidad en el campo, ya que sirve como indicador parcial de linderos entre algunas lateritas y latosoles.

No se recomienda ningún equipo para determinaciones químicas rápidas de nutrientes aprovechables o solubles. En algunas zonas puede que algunos en particular sean útiles si se les ha calibrado en forma debida por medio de ensayos de campo.

REPRESENTACION Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION DE CAMPO

La representación gráfica y el arreglo de los datos de campo se discuten en uno de los primeros capítulos del **Manual** debido a su importancia para la preparación del trabajo de campo, aunque algunos puntos no quedarán claros sino en capítulos posteriores que tratan más específicamente de la clasificación de suelos y se estudian las unidades cartográficas.

Las fotografías aéreas en los levantamientos de suelos

Características de las fotografías aéreas.—Las clases de fotografías aéreas ya han sido descritas. Antes que todo debemos aclarar que una fotografía aérea no es un mapa sino una perspectiva de una porción de la superficie terrestre. Como toda perspectiva, no tienen una escala constante y no se puede, por lo tanto, hacer sobre ellas medidas precisas de distancia y dirección. Además de las distorciones propias de las perspectivas, existen los errores resultantes de la inclinación, diferencia de elevación y los inherentes a la fotogratía. A pesar de todo lo anterior y en contraste con los mapas hechos por medio de métodos terrestres, las

fotografías aéreas muestran mayor detalle del terreno, permiten una vista tridimensional de las características y constituyen un método económico para la obtención rápida de material base para el estudio de grandes áreas o de regiones inaccesibles. A partir de ellas se elaboran mapas planimétricos y topográficos precisos; para la mayoría de los levantamientos de suelos no hay mejor medio que las aerofotografías.

Las fotografías oblicuas se toman con cámaras (a menudo sostenidas con la mano) las cuales se apuntan hacia abajo a un ángulo tal que el eje longitudinal de la cámara forme un ángulo menor de 90º con el suelo. Estas fotografías se clasifican como (1) muy oblicuas, las cuales muestran el horizonte y (2) poco oblicuas, las cuales no lo muestran. Las primeras muestran una gran extensión de terreno en el panorama mientras que las poco oblicuas sólo muestran un área pequeña. Aunque las fotos oblicuas sirven para muchos fines y son de mucha utilidad en los estudios de reconocimiento como ayuda para la identificación de linderos, su conversión en mapas es difícil y no son tan satisfactorias para levantamientos de suelos como las verticales.

Las fotografías aéreas se toman con cámaras apuntadas directamente hacia abajo, de modo que el eje longitudinal de la cámara sea perpendicular al plano horizontal del terreno. En líneas generales se puede decir que hay tres tipos: (1) las fotografías de película contínua, (2) las de lente múltiple y (3) las de lente simple.

Las fotografías de rollo están formadas por una cinta continuamente expuesta. Estas fotografías pueden tomarse a poca altura y a gran velocidad sincronizando el movimiento de la película con la velocidad del avión. En esta forma se pueden tomar buenas fotografías con poca luz. Los rollos fotográficos así son de uso limitado en el levantamiento de suelos debido a lo grande de la escala y a la poca área que cubren.

Las fografías de lente múltiple combinan los ángulos de las cámaras verticales y oblicuas. Las cámaras usualmente llevan tres, cinco o nueve lentes; uno de los lentes toma fotografías verticales mientras que los otros toman oblicuas. Por medio de un impresor-transformador, las fotos oblicuas son transformadas al plano de los cuadros verticales de modo que se obtiene una fotografía vertical compuesta del cuadro central vertical y los oblicuos transformados. Las cámaras de lentes múltiples se usan mucho donde se necesita cubrir en forma rápida y económica grandes áreas a escala pequeña. Aunque estas fotografías se usan ocasionalmente en el levantamiento de suelos, su uso no se recomienda si se dispone de fotos tomadas con lente simple. Lo reducido de la escala, la necesidad de transformar las impresiones y las dificultades para la conformación de los mapas las hacen menos satisfactorias que las fotografías tomadas con lente simple. Las fotos con lente múltiple se obtienen también por medio del uso de varias cámaras, arregladas y montadas en tal forma que una tome exposiciones verticales y las otras oblicuas. La fotografía "tri-metrogon" es un ejemplo de lo anterior.

Las fotografías de lente único que son tomadas en series de exposiciones independientes traslapadas, son las que se recomiendan para levantamiento de suelos. Estas tienen un tamaño conveniente para uso de campo y para la construcción de mapas, permiten estudio estereoscópico, dan un detalle excelente de las irregularidades del terreno y además la fluctuación de la escala se encuentra dentro de límites satisfactorios.

Al tratar sobre el uso de fotografías aéreas en este **Manual** se asume, a menos que se especifique lo contrario, que se trata de aerofotografías de lente único, verticales, hechas para llenar los requerimientos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Cuando sea necesario utilizar otros tipos de fotos u otras de las fotografías de lente simple de calidad inferior, la Sección de Cartografía de la División de Levantamiento de Suelos aconsejará a los edafólogos acerca de los métodos a usar y de sus deficiencias específicas. Cuando las fotografías esten excesivamente "ladeadas", cuando tienen un traslapo insuficiente u otras deficiencias, puede que sea imposible utilizarlas para estudio estereoscópico o para la construcción de mapas precisos a partir de ellas.

Líneas de vuelo y traslapo.—La mayoría de las aerofografías en los Estados Unidos son tomadas en vuelos de norte a sur. Las líneas de vuelo son tan rectas y paralelas como ello es posible, y no pueden desviarse de su dirección exacta en más de 5 grados. Las líneas de vuelo van de un lado a otro del área, en forma contínua, cayendo la primera y la última fografía completamente fuera de los linderos del área.

Dentro de la línea de vuelo, las fotografías consecutivas deben tener un traslapo promedio de 60%, sin ser menor de 55% ni mayor de 65% (traslapo frontal). El traslapo entre líneas advacentes de vuelo, o traslapo lateral, debe promediar el 30% sin llegar a ser menos del 15% ni más del 45%. (Véase la figura 6).

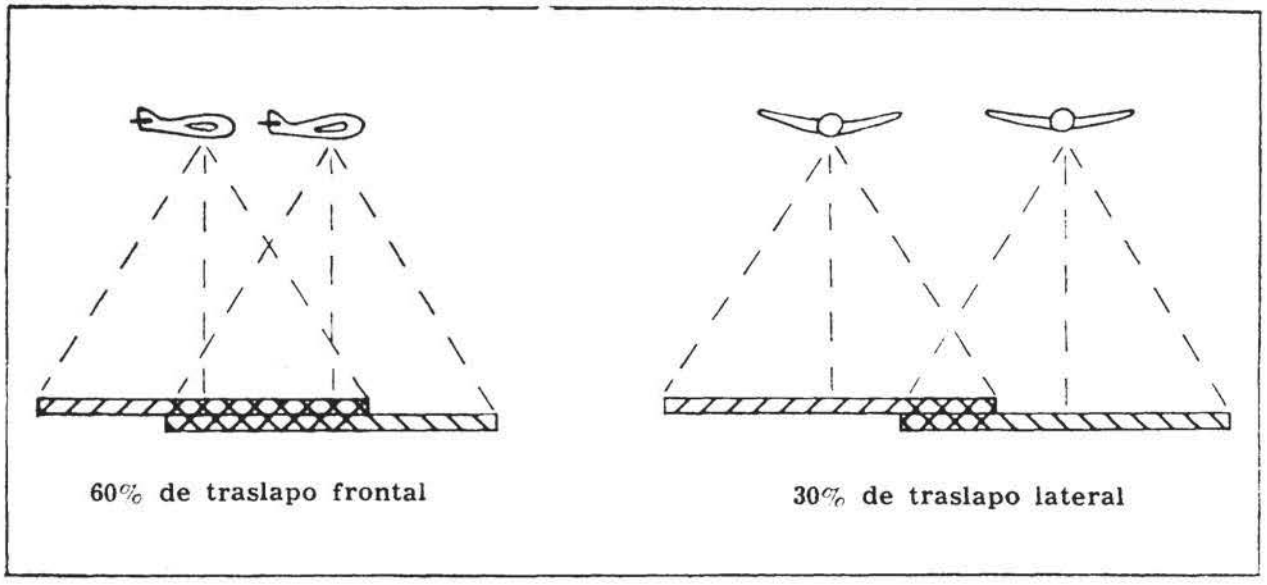


Fig. 6. — **Diagramas que muestran el traslapo en fotografías de lente simple.**

Para el estudio estereoscópico de campo así como para los procesos fotogramétricos usados en la construcción de mapas es esencial un traslapo adecuado. Cuando se usan fotografías alternas — una de por medio en la línea de vuelo — el traslapo de las fotos llega únicamente al 20%.

Para levantamiento de suelos debe obtenerse cobertura estereoscópica total, aun cuando los linderos entre suelos se tracen únicamente sobre las fotografías alternas.

Escala.—La escala de las fotografías aéreas no siempre es precisa ni uniforme como sucede en los mapas de buena calidad. La escala varía de fotografía a fotografía debido a los cambios de altura del avión, a diferencia en la altura de las elevaciones del terreno o a inclinación de la cámara. El esquema de la figura 7 muestra que una fotografía tomada en la estación A, no estará a la misma escala que la tomada en la estación B debido que el avión se encuentra a diferentes alturas en los momentos de exposición. En esta forma el campo C de 20 hectáreas no medirá lo mismo que el campo de 20 hectáreas D debido a las diferencias de elevación existentes en el terreno fotografiado.

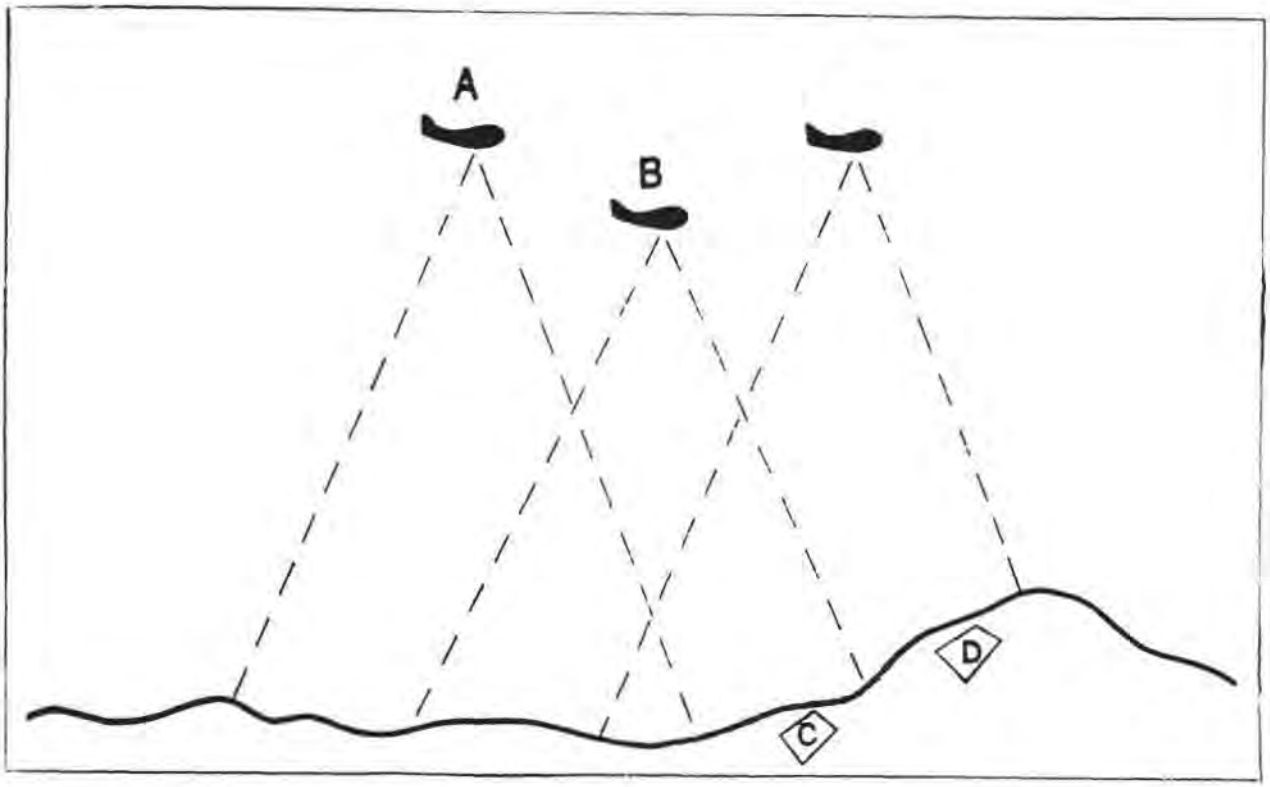


Fig. 7. — Esquema que muestra las diferencias en escala a varias alturas. Una fotografía tomada en la estción A, tendrá una escala diferente a la tomada en la estación B. Los dos campos de 20 hectáreas D y C tienen dimensiones diferentes en las fotografías.

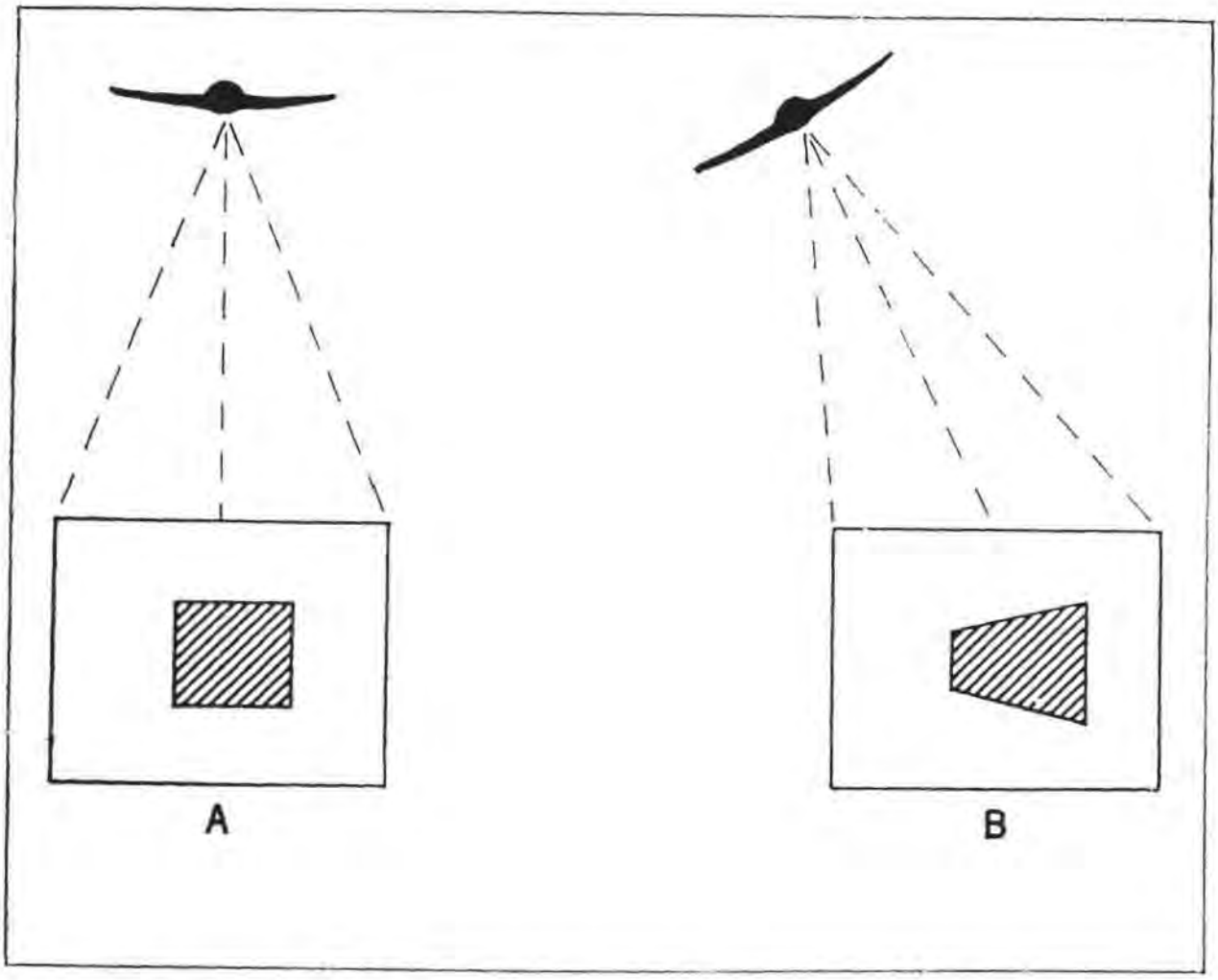


Fig. 8. — **Esquemas en donde se puede apreciar la distorsión de un cuadrado en una aerofotografía, debido a inclinación del avión: A) normal; B) inclinado.**

La escala que se da para las aerofotografías es el promedio aproximado calculado a partir de la altura media del área total volada, o de una fracción del área, o de un plano de referencia específico. Las aerofotografías tomadas para el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos no se desvían más del 5% de la escala promedio. La mayoría de estas fotografías tienen una escala de 1: 20.000, de la cual se pueden hacer aumentos o reducciones satisfactorias.

Inclinación.—Cuando el plano de la cámara no está a nivel, la fotografía resultante sale inclinada. Mientras mayor sea el ángulo de inclinación, mayor será el número de objetos que aparecen deformados en tamaño y forma en la fotografía. La figura 8 ilustra estas distorsiones de forma y escala de un campo de forma cuadrada; la figura 9 muestra aerofotografías de la misma área, una normal y la otra con inclinación. Algunas veces la inclinación excesiva puede determinarse por medio de la comparación de imágenes en fotografías traslapadas. En las aerototografías corrientes usadas por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos la inclinación no debe exceder 5 grados, ni promediar más de 2 grados en una línea de vuelo de 16 Km., ni promediar más de un grado para el total de cualquier área.

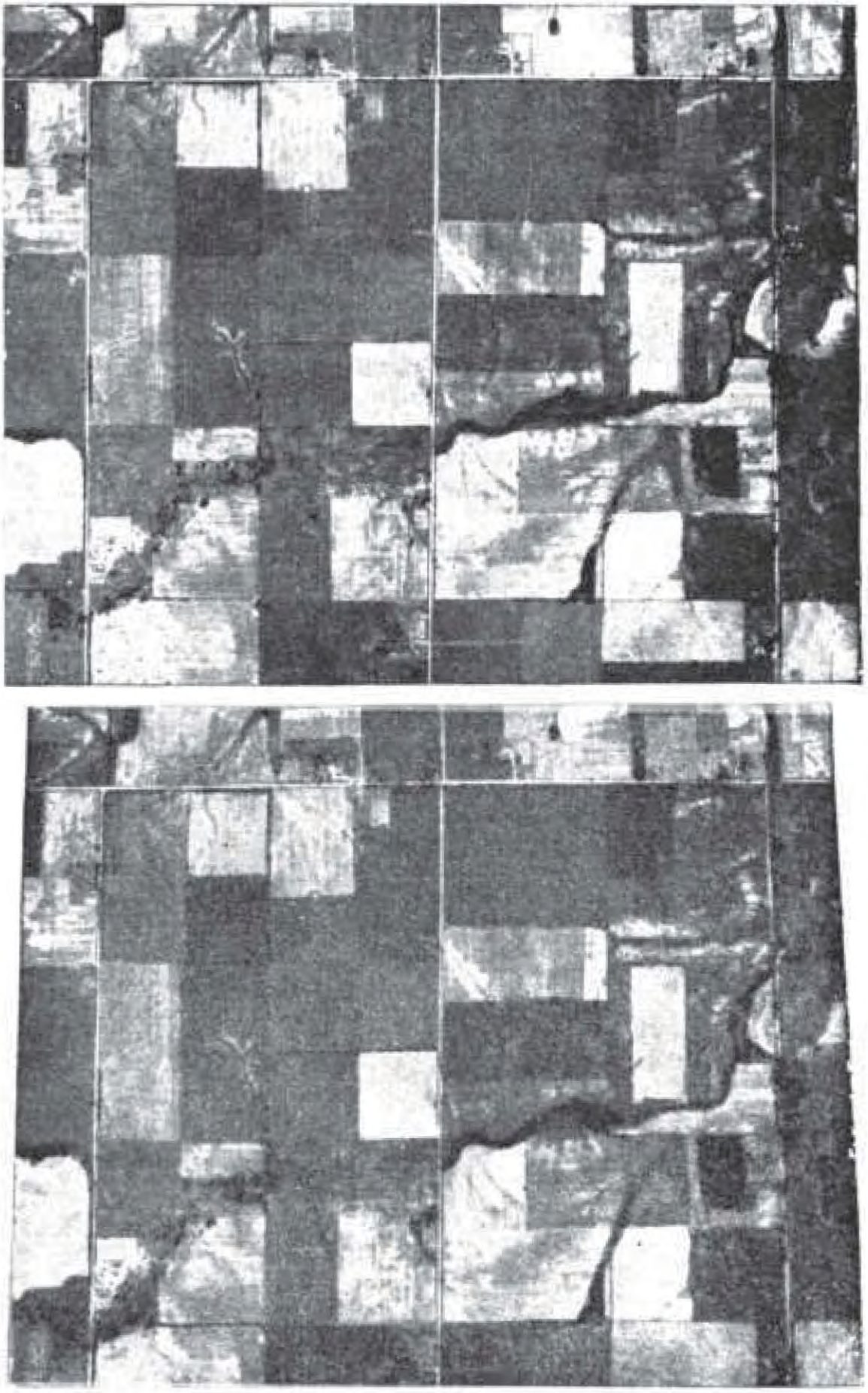


Fig. 9. — **Fotografías aéreas de la misma área: Superior, normal; inferior, con inclinación.**

GIRO Y DESIGUALDAD LATERAL

Para mantener una línea exacta de vuelo en presencia de vientos de popa o laterales, frecuentemente es necesario que el avión de fotografiar vuele a un ángulo con la línea de vuelo. Para compensar el ángulo de vuelo, se rota la cámara. Cuando esto no se hace, las fotografías resultan giradas, como se ilustra, en la figura 10A. Hay también la desigualdad lateral, cuando las exposiciones orientadas con la línea de vuelo se continúan aunque el avión se haya desplazado lateralmente de la línea de vuelo. Los bordes de las fotografías sucesivas son paralelos pero escalonados lateralmente, tal y como se esboza en la figura 10B. Las especificaciones corrientes no permiten un giro mayor a 10 grados de la línea precisa de vuelo en dos o más fotografías.

Desplazamiento.—Cuando una fotografía vertical está en un plano paralelo con una sección plana del terreno, las relaciones entre las imágenes en la fotografía y los objetos sobre el terreno, son similares. Si los objetos en el terreno no están todos en el mismo plano horizontal, las fotografías no presentan los objetos en relación co-

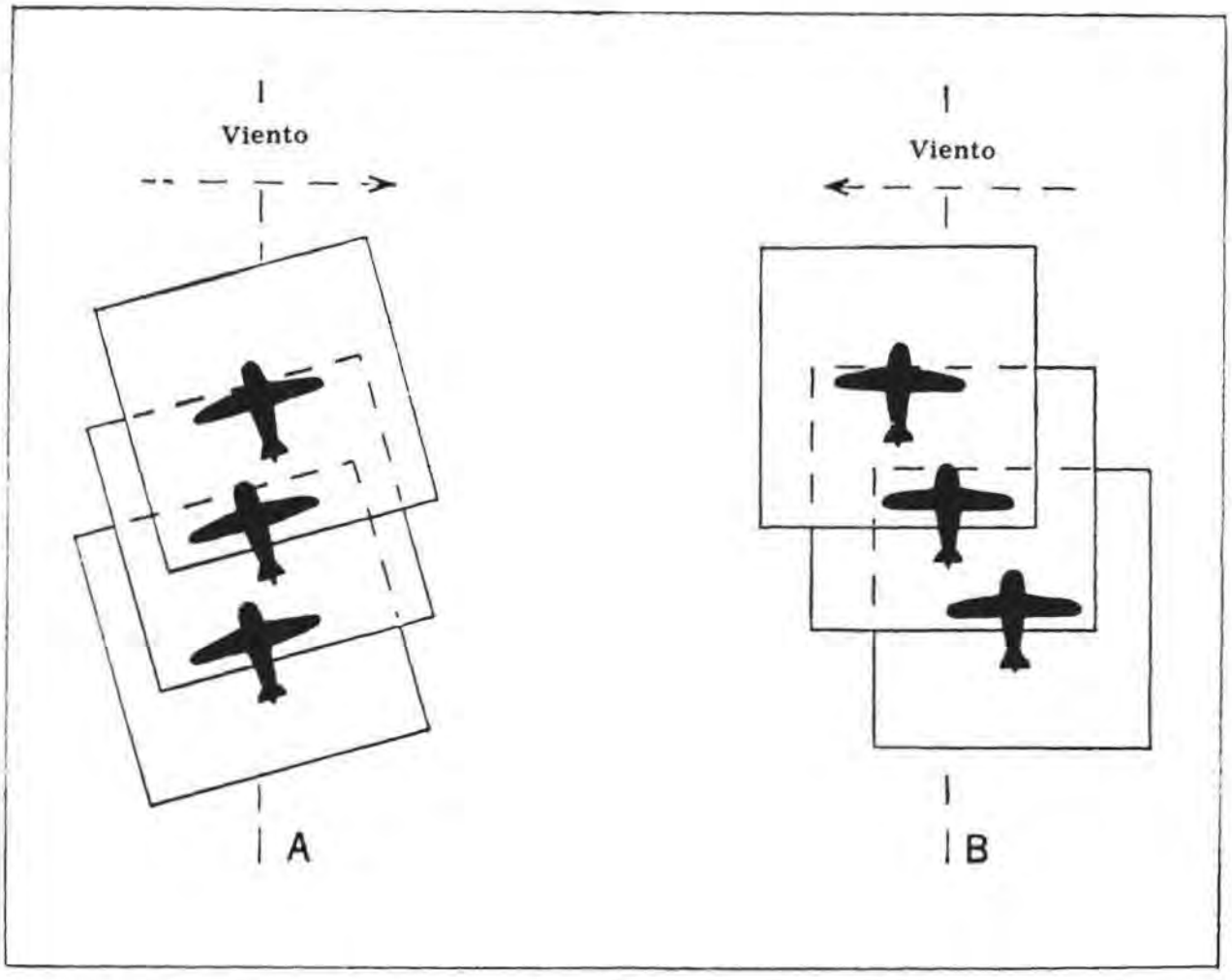


Fig. 10. — **Esquemas en donde se pueden apreciar irregularidades en las aerofotografías: A) por giro; B) por desplazamiento lateral.**

rrecta uno con otros. Esta diferencia es llamada **desplazamiento** y se ilustra en la figura 11. Puede apreciarse que el desplazamiento es hacia adentro, hacia el centro de la fotografía para los objetos situados más abajo del plano de referencia; y hacia afuera del centro para los que se encuentran sobre el plano de referencia. Los objetos que aparezcan en el centro de una fotografía inclinada no están desplazados, a pesar del relieve. El desplazamiento y la inclinación están tan relacionados, que el lego encuentra imposible hacer la diferencia entre ambos. El plano de referencia vertical es importante únicamente cuando se van a medir alturas de los objetos o diferencias de elevación, como en el caso cuando se trata de la construcción de mapas topográficos.

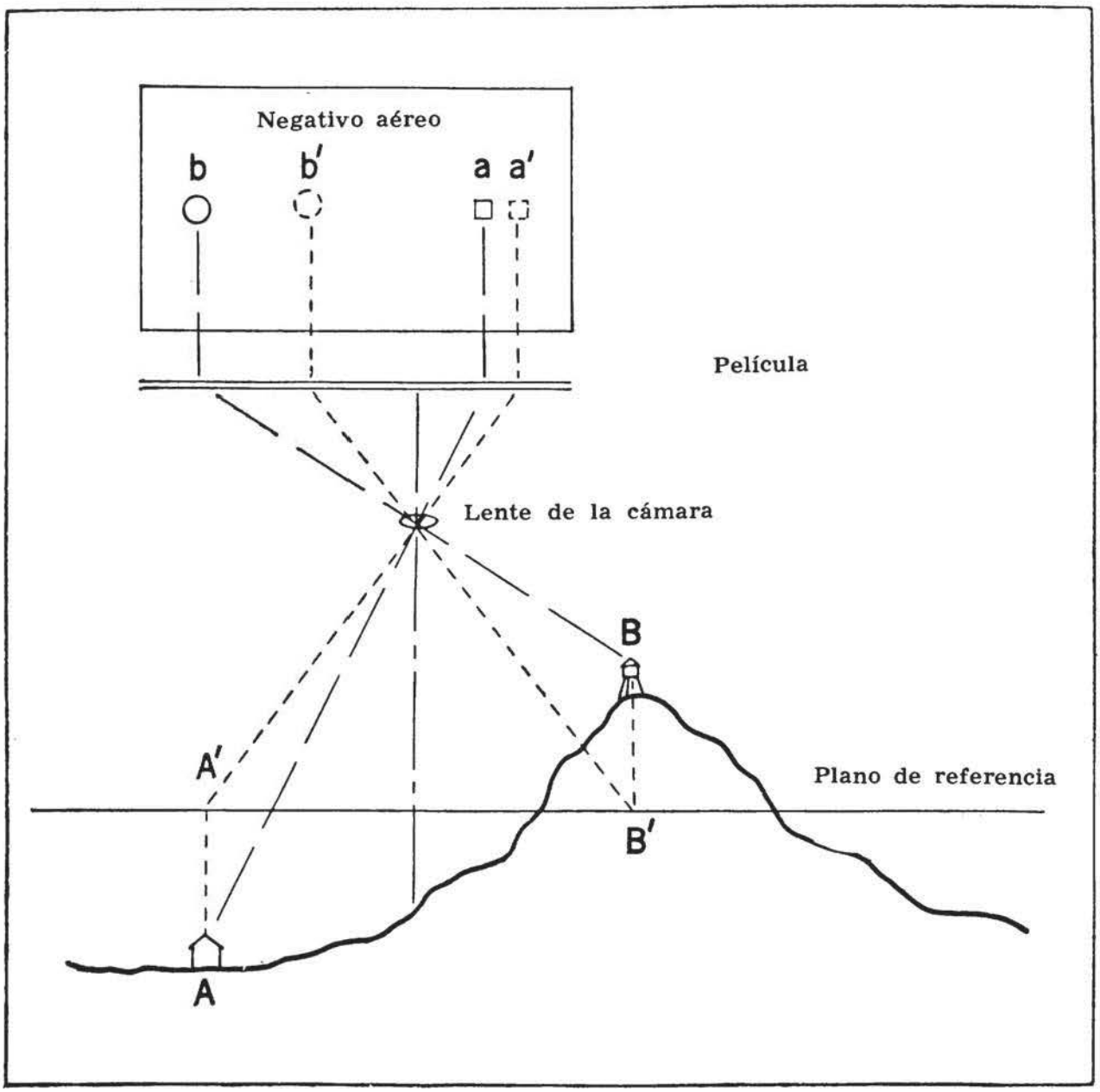


Fig. 11. — **Esquema que ilustra el desplazamiento en las aerofotografías. Nótese el edificio A en el valle y el tanque de agua B sobre el cerro. Una línea vertical a través del edificio corta el plano de referencia en A. Dado que el edificio está más abajo que el plano de referencia, aparecería en el punto a sobre el negativo aéreo más bien que en su posición terrestre verdadera a'. En forma similar, el tanque de agua, sobre el plano de referencia aparecerá en b en vez de b', que es su posición verdadera.**

Errores inherentes.—Los errores inherentes surgen de las limitaciones físicas del material e instrumentos usados en la toma y preparación de las fotografías aéreas y son más o menos comunes para todos los procedimientos fotográficos. Ellos provienen de un pulimiento impropio u otros defectos de los lentes, de la curvatura del campo de los lentes, malos disparadores y las expansiones y contracciones de la película y papel fotográfico. Estos errores se reducen a un mínimo en la fotografía aérea moderna en donde se usan únicamente cámaras cartográficas de precisión, equipo de laboratorio excelente y película y papel especiales para fotografía aérea.

Números clave.—Para lograr una selección rápida y permitir la formación de un índice, las aerofotografías se marcan al procesarlas. Aunque las diferentes organizaciones dan la información sobre las aerofotografías en varias formas, generalmente dan la siguiente: (1) Fecha en que se hizo el vuelo, (2) hora del día, (3) propietario de la película, (4) escala del negativo, (5) proyecto o región, (6) número del rollo de película y (7) número de la exposición. Algunos también dan la altura, distancia focal de la cámara. etc.

Cada una de las fotografías aéreas hechas para el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos lleva una letra clave con la cual se designa el proyecto o la zona. Además por medio de números individuales se indican el rollo de la película y la exposición. Esta codificación se coloca en la esquina noreste para las fotos tomadas en vuelos norte-sur y en la esquina nor-oeste para las fotos tomadas en vuelos este-oeste. La clave númerica para cada área se limita a tres letras; el rollo de la película se indica numéricamente, comenzando con uno y siguiendo en forma ininterrumpida; las exposiciones se indican también por números, comenzando con uno en cada rollo y continuando la secuencia. Por ejemplo, en la designación clave ABC-46-122, ABC indica el condado o la zona, 46 el número correspondiente al rollo de película en ese condado y 122 la cifra correspondiente a número de la exposición en ese rollo particular. En la esquina adyacente están los números correspondientes a mes, día y año en que se hizo la exposición fotográfica. Tanto en el primero como en el último de los cuadros expuestos de un rollo aparece la abreviatura de la organización a la cual pertenece la película, la escala aproximada de los negativos y la hora del día en que fueron tomadas. La abreviatura de la organización así como la escala aproximada preceden los símbolos de la zona, como por ejemplo, BPI-1: 20.000-ABC-46-122. En la esquina adyacente e inmediatamente después de la fecha,, se coloca la hora del día así: 6-15-48-11:30.

Indices fotográficos.—Para zonas extensas se preparan indices aerofotográficos. Sin un índice, quien vaya a usar las fotografías tendrá serios inconvenientes para seleccionar la o las correspondientes aerofotografías de un área específica o para localizar las fotografías adyacentes de vuelos contíguos: Los índices fotográficos se prepa-

ran acomodando las fotografías en tal forma que los números del índice de cada una sean visibles. Las especificaciones corrientes requieren usualmente el que los índices sean hechos en hojas de 20x 24 pulgadas (50,8 x 61 cm.) y a una escala aproximada de 1: 63.360.— El grupo de técnicos que ejecuta el levantamiento de suelos debe disponer siempre de los índices aerofotográficos de tal manera que el trabajo de localizar las fotografías individuales se haga en forma rápida.

VISION ESTEREOSCOPICA

Aunque las aerototografías individuales son planas en apariencia, los pares traslapantes pueden verse en un estereoscopio de modo que sea posible ver la topografía del terreno: aparecen los valles y las colinas, se levantan los árboles y los edificios y pueden apreciarse las ligeras depresiones del drenaje. Vistas así, las aerofotografías parecen como un modelo detallado del relieve. El edafólogo puede estudiar el terreno antes de recorrer el campo. El drenaje y las veredas que en las fotografías corrientes aparecen en forma muy obscura, pueden trazarse por adelantado; pueden seleccionarse las rutas a transitar en el terreno. El estudio estereoscópico de las fotografías aéreas, tanto antes como después del levantamiento, le ayuda a ver las relaciones entre las clases de suelo y las formas terrestres.

Teoría de la estereovisión.—Con la visión normal, el observador ve los objetos en tres dimensiones que son: largo, ancho y profundidad. La habilidad de apreciar la profundidad depende de la visión con los dos ojos, cada uno a la misma distancia del objeto pero viéndolo de diferente posición o ángulo. Cada uno de los ojos registra una visión ligeramente diferente. Estas imágenes son combinadas por medio de los nervios ópticos y el cerebro para dar la percepción de una vista tridimensional del objeto. La distancia entre los ojos es tan corta que el ángulo y las diferencias se hacen tan pequeñas a grandes distancias que es difícil percibir la profundidad.

Cuando se ven dos fotografías traslapantes bajo el estereoscopio, se ve la misma extensión de terreno desde posiciones ampliamente separadas. El ojo derecho ve el área en una fotografía y el ojo izquierdo ve la misma zona pero en otra fotografía. El efecto es el mismo que el que se obtendría si una persona tuviera un ojo puesto en una posición de la cámara y el otro en la siguiente posición. El cerebro funde así las imágenes en tal forma que uno ve el relieve en la fotografía o sea la tercera dimensión.

El promedio de las personas con visión normal debe tener muy poca dificultad para realizar estudios estereoscópicos en aerofotografías. En ciertos casos, personas con vista aparentemente normal, no pueden utilizar el estereoscopio. Esto puede suceder a gente de edad avanzada en quienes los músculos de los ojos no son flexibles. Algu-

nos sienten un cansancio excesivo cuando usan por primera vez estereoscopio.

La visión estereoscópica requiere algo de práctica. Al comienzo pude ser difícil ajustar las fotografías y fundir las imágenes, pero después de practicar un poco esto puede hacerse en forma rápida sin cansancio de la vista.

Tipos de estereoscopios.—Los estereoscopios son construídos sobre dos principios básicos. Los usados más comúnmente en el estudio de aerofotografías son: (1) el tipo de espejo, el cual utiliza el principio de la reflexión y (2) el tipo de lentes, que hace uso del principio de refracción. Hay un tercer tipo, menos usado, que es el estereoscopio de prisma, en el cual los prismas sirven como reflectores, actuando en forma parecida a como actúan los espejos en el estereoscopio de espejo. El diseño de los diferentes tipos varía ampliamente.

El estereoscópio de espejo tiene cuatro espejos sostenidos en una armadura y dispuestos en tal forma que puedan transmitir la imagen fotográfica al ojo por medio de la reflexión (fig. 12). Debido a que estos estereoscopios son grandes y voluminosos y por lo tanto no fácilmente transportables, son utilizados principalmente en las oficinas, en donde se dispone de espacio suficiente.

Algunos estereoscopios de espejo han sido diseñados en tal forma que se pueden doblar y guardar en cajas pequeñas que pueden llevarse en un bolsillo grande, pero aún éstos son muy voluminosos para uso de campo.

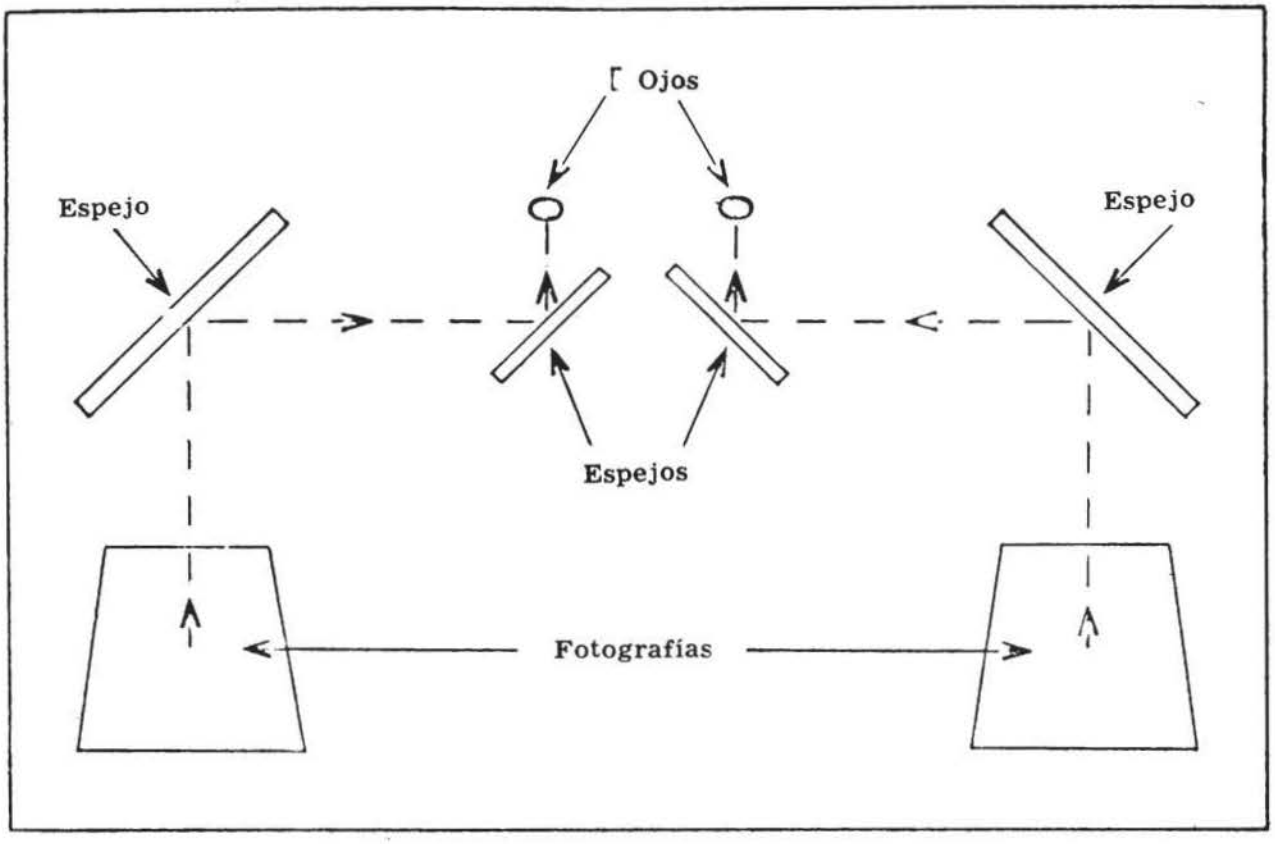


Fig. 12. — Diagrama que muestra lo esencial en el diseño de un estereoscopio de espejo.

El estereoscopio de espejo da una imagen casi libre de distorsión. Tiene un gran campo de visión suficientemente grande como para ver una fotografía completa. La separacion amplia de los espejos permite ver las fotografías sin necesidad de montar una sobre otra — traslaparlas, — lo cual permite que el ajuste y fusión del cuadro sea simple. Muchos de esos instrumentos tienen ajuste horizontal de los espejos exteriores, lo cual permite colocarlos a distancias variables del ocular. Con este ajuste se pueden ver fotografías a escalas mayores que con los estereoscopios de lentes convencionales. Debido a la gran distancia óptica que hay entre el ojo y la fotografía, la imagen fundida aparece reducida. Esta es una desventaja en el estudio de pequeños detalles, especialmente en las fotografías a escala reducida. Esta desventaja puede superarse ajustando al estereoscopio lentes ampliadores que al mismo tiempo tienen el inconveniente de aumentar el tamaño y el costo del instrumento.

El estereoscopio de espejo es bueno especialmente para estudio de oficina y es de uso simple para los que se inician; requiere poca práctica.

Los estereoscopios de lentes tienen dos lentes de aumento montados en una armadura y sustentadas sobre un pedestal de modo que las fotografías se ven directamente a través de los lentes u oculares. Los lentes están pulidos en tal forma que las líneas visuales se quiebran hacia afuera (fig. 13). Estos instrumentos usualmente son pequeños, compactos y livianos. Muchos de ellos están diseñados para uso de campo y se doblan hasta formar una unidad pequeña que el edafólogo puede facilmente llevar, aunque su mayor uso está en la oficina del campo.

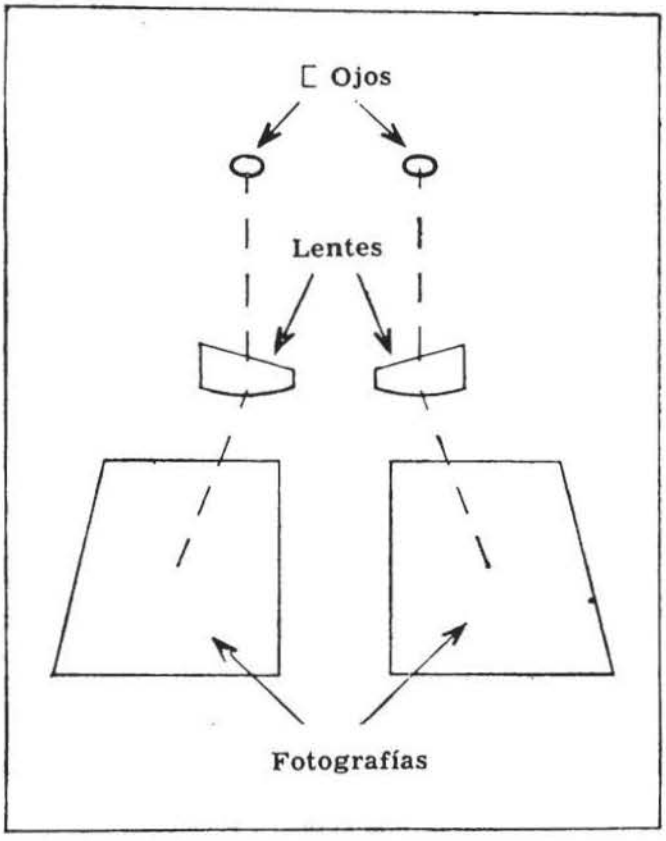


Fig. 13. — **Diagrama en que se muestra lo esencial en el diseño de un estereoscopio de lentes. Los bordes delgados de los lentes están dispuestos hacia adentro.**

Los estereoscopios de lentes dan imágenes deformadas. Tienen un campo de visión pequeño y únicamente parte de las fotografías puede verse al mismo tiempo. El espacio tan pequeño entre los lentes combinado con la visión directa hace necesario colocar las fotografías muy cerca una de la otra y en ciertos casos aún traslaparlas, lo que hace el ajuste de los cuadros y la fusión de las imágenes un poco más dificil que en los tipos de espejo. Por la misma razón las fotografías a gran escala no pueden verse en forma adecuada excepto en los márgenes. A pesar de estas desventajas, el estereoscopio de lentes constituye un instrumento útil para el edafólogo.

El estereoscopio de lentes amplifica, lo cual significa una ventaja definitiva, especialmente cuando se estudian detalles minuciosos o aerofotografías a escala muy pequeña. También hace resaltar más el relieve, lo cual es muy útil cuando se están estudiando zonas casi planas.

Es también de mucha utilidad para el estudio de campo de aerofotografías cuya escala sea suficientemente reducida para permitir su uso inmediato.

Se consiguen modelos adecuados que son livianos, compactos y relativamente baratos

Cuidado de los estereoscopios.—Estos instrumentos son de construcción fuerte y generalmente resisten un uso razonablemente duro; sin embargo no se debe olvidar que son instrumentos ópticos y que deben tratarse como tales. Los espejos que se utilizan en los estereoscopios son de "superficie anterior" y en ellos la plata se aplica sobre el frente del vidrio y no sobre la parte posterior. Esta cobertura de plata es muy susceptible al rayado y a la corrosión y por lo tanto no se debe tocar. Todos los espejos de superficie deben protegerse con una tela suave o gamuza que los cubra mientras no están en uso. Deben limpiarse con una tela suave de algodón humedecida en alcohol; el algodón debe estar libre totalmente de partículas de polvo que rayen la superficie. La superficie plateada se frota suavemente con la presión necesaria para remover el polvo. Las huellas digitales que se les haga deben borrarse de inmediato pues sus residuos corroen el espejo.

El tipo de estereoscopio de lentes debe limpiarse y cuidarse como se hace con los espejuelos. Los lentes estereoscópicos generalmente están pulidos de tal manera que un lado sea más delgado que el otro con el fin de reflejar los rayos luminosos hacia afuera. Estos lentes deben colocarse en la armadura con el lado grueso haca afuera y el delgado hacia adentro.

Uso del estereoscopio.—Para usar el estereoscopio **en el estudio** de fotografías aéreas se debe primero adquirir la habilidad de ajustar las fotos rápidamente y de acostumbrar los ojos a la visión estereoscópica. Esta habilidad puede adquirirse por diferentes vías.

Uno de los métodos más simples es poner una pequeña cruz sobre dos hojas de papel separadas. Con las hojas bajo los lentes o espejos del estereoscopio, uno puede ver directamente por los oculares y en-

focar las cruces, las cuales aparecerán separadas, excepto cuando por casualidad hubieran quedado fundidas. Una vez que se ha enfocado, se mantiene una de las hojas fija firmemente, mientras que la otra se mueve lentamente; al hacer esto las cruces se acercarán o alejarán y según sea el caso se mantiene el movimiento en el mismo sentido o se cambia en tal forma de que las dos cruces lleguen a coincidir y aparezcan como una sola. Durante la operación no se levanta la vista ni se cambia el foco.

Una vez que las cruces coinciden, se mueve otra vez una de las hojas hasta que la imagen se separe y aparecen de nuevo dos cruces la operación inversa se repite otra vez hasta que aparezca una sola imagen. Esta operación se repite hasta que se alcance en forma rápida la fusión de las imágenes.

Una vez que se ha conseguido la fusión se debe poner atención sobre la ubicación de las hojas en relación con los lentes o espejos del estereoscopio.

A título de prueba se pueden quitar las hojas y colocarlas de nuevo tratando de enfocar los ojos y fundir las cruces en forma rápida, logrado ésto, uno está preparado para probar la visión estereoscópica con dos fotografías.

Para comenzar se deben seleccionar un par estereoscópico que muestre un terreno de relieve moderado y de características claras. Las fotografías deben ser de igual tonalidad y escala; el centro de la fotogratía — su centro óptico — está localizado en la intersección de las líneas que se tracen entre las marcas de colimación, las cuales aparecen corrientemente en forma de pequeñas contramarcas en forma de cruz en el centro de cada margen. Los centros de las fotografías se transfieren al área de traslapo de cada cuadro adyacente y las dos cruces se conectan por medio de una línea. Luego se colocan las fotografías bajo el estereoscopio con el detalle traslapado coincidiendo en forma aproximada y las líneas sobre las fotografías paralelas a la línea de visión. Las sombras deben quedar del lado del observador y las dos fotografías deben estar iluminadas en forma adecuada y uniforme.

Una vez hecho esto, las fotografías se mueven horizontalmente y se ajustan hasta que las cruces y las líneas que las conectan se fundan, entonces aparece el relieve. Una de las fotos debe moverse hasta que se pierda la fusión para luego recobrarla; una vez que se tiene prática las imágenes pueden fundirse rápidamente. Conforme desarrolla habilidad, el observador va adquiriendo práctica en fundir las imágenes más por medio de la observación de las características físicas y menos por medio de las cruces y líneas de conexión.

Una vez que se tiene habilidad, ha llegado el momento de probar con dos fotografías en las cuales no se hayan marcado los centros ni se hayan dibujado las líneas de conexión. Dos cuadros sin marcas se colocan bajo el estereoscopio con el dedo índice de cada mano justamente sobre un mismo rasgo físico, seleccionado dentro del área de superposición de cada aerofoto.

Se enfocan los ojos y se mueven los cuadros hasta que las imágenes señaladas por los dedos coincidan aproximadamente; luego se mueven los dedos y se separan ligeramente los cuadros, para volver a repetir la acción de fundirlos tal y como se hizo anteriormente. Esta práctica se debe continuar con otros pares estereoscópicos. Una vez obtenida la habiliad de colocar las fotogratías y ajustarlas hasta que se fundan las imágenes, el operador está listo para utilizar el estereoscopio en el estudio de fotografías aéreas.

Los lentes deben enfocarse en forma apropiada. Muchos estereoscopios tienen un ajuste para variar el espacio entre los oculares, de modo que se puedan separar y modificar de acuerdo con la separación entre ojos del observador.

En las fotografías aéreas, las características debidas a la mano del hombre generalmente aparecen con rasgos geométricos — líneas rectas, ángulos recortados y círculos.

Los rasgos naturales tienen generalmente líneas curvas irregulares, como los meandros de los ríachuelos, líneas curvas de las costas, etc.

Para la interpretación del tamaño, es necesario conocer la escala aproximada de las fotografías. Una imágen redonda en una copia a escala grande puede ser un silo y una del mismo tamaño en una copia a escala pequeña puede ser un tanque de almacenamiento de gas. El tamaño se determina por medio de la comparación entre las cosas que se encuentran sobre el terreno.

La tonalidad o matiz con que aparecen los varios rasgos en una aerofotografía son debidos principalmente a la cantidad de luz que reflejan y esta depende de la textura de la superficie del objeto y del ángulo de reflexión. Los objetos que reflejan mucha luz aparecen en la fotografía con una tonalidad clara y si reflejan poca luz aparecen obscuros.

Debido a las diferencias en el ángulo de reflexión, el tono de un objeto puede ser diferente en dos fotografías consecutivas, especialmente si la superficie es lisa y refleja bien la luz. De esta manera, en una aerofotografía tomada cuando los rayos luminosos reflejados por el agua coincidan con la dirección de fotografía, la superficie del agua aparece clara; en la fotografía adyacente, con el ángulo de reflexión retirado de la cámara, el mismo cuerpo de agua aparece con un tono obscuro. La mayoría de los rasgos naturales sin embargo, reflejan luz en todas las direcciones y aparecen en tonos intermedios ya que una parte de la luz siempre llega hasta los lentes de la cámara.

Para estudio estereoscópico, la luz debe ser buena y cada fotografía debe estar igualmente iluminada, pero sin relumbrar. Cuando sea posible, el observador debe ponerse de frente a la fuente de luz, aunque desde luego estas condiciones de luminosidad no pueden siempre arreglarse en el campo.

Las fotos se colocan bajo el estereoscopio de tal manera que la

que ha sido tomada a la izquierda del área de traslapo se vea con el ojo izquierdo y la de la derecha del traslapo se vea con el ojo derecho. Si se invierte la posición de las fotografías y el ojo izquierdo ve la foto derecha y el derecho la izquierda, la imágen del relieve aparece también invertida. Cuando esto sucede, los puntos de baja elevación aparecen altos y los elevados aparecen bajos. Esto es lo que se denomina comúnmente imagen pseudoscópica.

Características fotográficas.—Ciertas características de las aerofotografías constituyen la base para la interpretación estereoscópica. Las más importantes son la forma y tamaño de los rasgos, el tono en que aparecen en la fotografía y sus sombras.

La forma de los rasgos es importante en la interpretación del detalle del terreno. El observador debe estudiar las formas de los objetos terrestres tal y como aparecen en las fotografías aéreas verticales en relación a su apariencia vistas desde tierra. Frecuentemnte el tono de los objetos aparece más obscuro o más claro en las fotografías de lo que aparecen vistos desde el suelo, con sus colores contrastantes.

Las sombras en las aerofotografías a menudo revelan el tamaño, forma o identidad de las cosas. Las sombras sugieren altura, la cual no se revela a partir únicamente de las dimensiones horizontales. Un edificio de un piso, por ejemplo, puede verse igual que uno de cinco en una fotografía, a no ser por su sombra. Pero las sombras pueden conducir a engaño: si el terreno bajo el objeto tiene una pendiente abrupta fuerte, la sombra puede aparecer deformada. La altura del sol en el momento de la exposición también afecta la longitud de las sombras. A pesar de todo lo anterior, cosas de poco ancho, como cercas, jalones y chimeneas serían difíciles de identiticar si no fuera por sus sombras.

Interpretación.—La mayoría de los técnicos de campo se vuelven muy eficientes en la interpretación aerofotográfica por medio del uso constante de las fotografías en el campo donde tienen oportunidades contínuas de comparar los rasgos del terreno con sus imágenes en las fotografías.

El estudio, con uno o dos días de anticipación, de las fotografías del área que debe cubrirse, puede ser útil. La exactitud de las interpretaciones se controla por medio de las observaciones del detalle sobre el terreno mismo. Las imágenes no identificadas en la oficina lo pueden ser en el terreno; con tal práctica los técnicos de campo pueden entrenarse rápidamene a sí mismos en la interpretación de aerofotografías. Sin embargo debe en todo caso hacerse hincapié en que una interpretación precisa depende de la familiaridad que se tenga con las condiciones del terreno. La habilidad de interpretación aero-

fotográfica en una región no ofrece seguridad de que se pueda interpretar con precisión en otra región de condiciones diferentes.

La hora del día y la estación del año en que se tomaron las fotografías influencian la interpretación. Para tener una buena luz, la mayoría de las fotografías se toma bajo condiciones de tiempo ideales y durante las horas del mediodía. La longitud de las sombras depende naturalmente de la altura del sol. Las sombras en las fotografías tomadas en el verano son más cortas que las de las tomadas en el invierno. En forma similar, las sombras aparecen mucho más largas en las fotos tomadas unas pocas horas antes o después del mediodía que en las que se toman a mediodía.

Los mismos rasgos aparecen en forma diferente en fotografías tomadas en estaciones diferentes; los campos cultivados cambian de estación a estación. En las estaciones húmedas, los riachuelos aparecen grandes y pueden verse muchas lagunas pequeñas. En la estación seca, la misma zona no tiene lagunas y los riachuelos pueden estar convertidos en lechos secos. En el verano los bosques deciduos presentan una masa de copas que obscurece el detalle del terreno.En el invierno, los cuadros de la misma región muestran una confusión de troncos de árboles, destacados por las sombras y los caminos; los drenajes pequeños y otros detalles del terreno se ven en forma clara. La nieve sobre el terreno oculta gran parte del detalle. Un interprete de fotografías con experiencia toma estos detalles en consideración.

Algunas de las características de los rasgos más importantes tal y como aparecen en las aerofotografías, pueden ser útiles en la adquisición de habilidad para la interpretación.

Riachuelos.—Los riachuelos se identifican corrientemente por su ancho irregular y por lo tortuoso de sus cursos, los cuales sobresalen debido al crecimiento de la maleza y árboles a lo largo de los bancos. En zonas densamente boscosas, las quebradas pequeñas son dificiles de descubrir. El agua en los lechos de los riachuelos se manifiesta por líneas claras u obscuras, lo cual depende del ángulo de reflexión de la luz. Los lechos secos se reconocen fácilmente cuando estan al descubierto y generalmente aparecen con tonalidades más claras.

Embalses y lagos.—Los embalses y lagos aparecen más claros o más obscuros que las orillas adyacentes lo cual depende de la luz reflejada, además ellos son planos. Las orillas se definen en forma clara y aparecen con contornos irregulares. Uno de los extremos de un lago puede aparecer en una fotografía con una tonalidad clara, mientras que en la otra puede aparecer con una obscura.

Pantanos.—Las ciénagas y los pantanos tienen una apariencia de agua. Las áreas húmedas o aquellas parcialmente cubiertas

con agua, aparecen corrientemente más obscuras que el terreno a su alrededor.

Bosques y matorrales.—Las zonas boscosas aparecen en las aerofotografías como masas obscuras con contornos irregulares. La intensidad de la tonalidad en bosques deciduos varía con la estación. En el verano el tono es muy obscuro mientras que en el invierno es más claro. Los bosques de coníferas aparecen con un tono obscuro independientemente de la estación. Las zonas de matorral presentan un tono obscuro en verano y más claro en invierno, pero en todo caso no muestran sombras. La inspección estereoscópica da una idea de su altura.

Areas cultivadas.—Los campos cultivados se identifican fácilmente por los tonos contrastantes y sus linderos. Muchos bordes de campo se encuentran bien definidos por medio de cercas, setos, veredas o caminos, otros rasgos perfectamente apreciables son las terrazas, franjas de contorno, etc.

Algunos cultivos pueden ser identificados por la forma de las siembras y la tonalidad o la sombra. Los campos con buenas cosechas en pié, o con pastos, aparecen obscuros; los campos cosechados recientemente aparecen más claros. Durante la cosecha de cultivos como heno, trigo y maíz, los campos adquieren una forma especial. Las fajinas o haces aparecen con un color obscuro, como puntos espaciados regularmente contra un fondo más claro. Debido a su superficie irregular, los suelos húmedos recién arados generalmente se ven muy obscuros. La forma de arar se puede frecuentemente observar en las aerofotografías. Los huertos, viñedos y plantaciones similares pueden identificarse fácilmente por medio de su espaciamiento particular.

Carreteras, caminos y veredas.—Las carreteras generalmente aparecen como líneas claras; las de concreto tienen bordes bien definidos y aparecen claras, excepto las líneas oscuras debidos al goteo de aceite, que se observan en el medio de cada pista. Las carreteras de asfalto así como de otros materiales negros pueden aparecer oscuras. Las mejores carreteras se pueden identificar por los trechos largos en recta, las curvas suaves y su ancho regular a todo lo largo. Las carreteras no mejoradas son más irregulares, tienen curvas más cerradas y su ancho es variable.

Los caminos de orden inferior serpentean y a menudo siguen el contorno, mientras que las veredas son aún menos distinguibles y más irregulares. Cuando las veredas y caminos de herraduras tienen mucho uso aparecen como líneas claras.

La apariencia de las carreteras, caminos y veredas cambia con la estación debido a las sombras de los árboles que se proyectan sobre ellas y también a su parcial cobertura por la vegetación de los lados.

Ferrocarriles.—Los Ferrocarriles se parecen mucho a las carreteras en las fotografías, pero generalmente son más obscuros y angostos. Usualmente tienen trechos más largos en recta y las curvas son más abiertas que las carreteras. El material sobre el cual se asientan los durmiente afecta la tonalidad; los cortes y rellenos grandes, los tanques de agua y las líneas de los ramales se pueden apreciar en forma clara a lo largo del derecho de vía.

Edificios.—Son fácilmente identificados en las aerofotografías, su tamaño se deduce por su relación con la escala y sus alturas comparativas pueden estimarse por medio de las sombras. Los edificios aislados tienen a menudo caminos o senderos que conducen hasta ellos; cuando hay un conjunto de edificios, éstos no pueden individualizarse generalmente, debido a la conjunción de sombras.

Forma del relieve.—Con práctica, la forma del relieve puede deducirse por medio de las aerofotografías. De hecho, las formas del relieve pueden ser más claras en las aerofotografías que en cualquier otro mapa hecho directamente sobre el terreno. Para iniciarse, el edafológo puede consultar algunos de los textos corrientes que hay escritos sobre este tema (1).

USO DE LAS FOTOGRAFIAS AEREAS

Las técnicas para el uso de aerofotografías en los levantamientos de suelos difieren de las que se utilizan cuando se usan mapas, debido a que las medidas de rumbos y distancias son menos precisas. Aún cuando las fotografías aéreas verticales se parecen a un mapa, no constituyen un plano preciso de la superficie terrestre.

Interpretación estereoscópica y delineamientos.—Para comenzar debe decirse que el conjunto de técnicos encargados de realizar el levantamiento de suelos debe estudiar las fotografías del área a ser levantada. Cada edafólogo debe familiarizarse con los números de los rollos de película y de las exposiciones, la secuencia de las líneas de vuelo y la dirección de los vuelos.

El estudio del índice fotográfico servirá también para dar una visión del área total y de las condiciones que se encontrarán durante el levantamiento. Una ayuda adicional para tal estudio se puede obtener disponiendo las fotografías de una parte del área formando una especie de mosaico.

Una vez que se ha iniciado el estudio de una zona, es muy útil estudiar estereoscópicamente las fotografías antes de ir al campo. Pueden hacerse interpretaciones preliminares de los rasgos y en esta forma el técnico puede famiilarizarse con las condiciones del terreno.

Frecuentemente es de utilidad delinear por adelantado algunas de las características del terreno; el drenaje, por ejemplo, se puede dibujar en forma precisa.

---

(1) Véase, por ejemplo, SMITH, H. T. U. AERIAL PHOTOGRAPHS AND THEIR APPLICATIONS 372 pp., illus. New York, 1948.

El esbozo de las características de drenaje en ciertas áreas pobladas con bosques muy densos es muy útil para la orientación cuando ya se está trabajando en el terreno. Se pueden marcar con referencias los senderos y veredas que apenas se noten, y se pueden seleccionar tentativamente los lugares en que posiblemente se pueden atravesar los riachuelos así como las rutas a seguir en terrenos accidentados. Pueden marcarse también, para control de campo, ciertos edificios que de otra manera pudieran pasar desapercibidos. Rasgos tales como cárcavas, áreas erosionadas, tierras de pastoreo, tierras ociosas y bosques, pueden deslindarse en forma tentativa de modo que el edafólogo pueda sacar mejor provecho de su tiempo en el campo. Todas estas delineaciones deben hacerse con lápiz y se pueden entintar únicamente después de que han sido confirmadas en el terreno. Ríos, lagos y otros rasgos hidrográficos prominentes pueden entintarse corrientemente por adelantado. Los cursos de quebradas claramente definidos pueden entintarse con líneas interrumpidas de modo que después de la inspección de campo puedan unirse o se les pueda insertar puntos según sea necesario indicar corrientes perennes o intermitentes.

Líneas de unión; unión del levantamiento de suelos en aerofotografías contíguas.—Una **Línea de Unión** es una línea arbitraria que se dibuja en el área de traslapo de una fotografía para que sirva como lindero del levantamiento sobre esa fotografías particular y al mismo tiempo para ser unida con un lindero similar trazado a través de puntos idénticos en la fotografía adyacente.

Cuando se usan pares estereoscópicos en el levantamiento cartográfico de suelos las líneas de unión o de igualamiento deben colocarse en tal forma que limiten el área de dibujo utilizable a las partes centrales de las fotografías en donde la distorsión es mínima. Si se usan fotografías alternas, las líneas de unión deben colocarse cerca de los límites exteriores de las fotografías, sobre el margen angosto de traslapo. En este caso necesariamente las líneas de unión incluyen bordes de las fotografías cuya exactitud es menor. Por ésto el uso de fotografías alternas puede aumentar la dificultad de mostrar los linderos en forma precisa, de unir los linderos de suelos de una hoja a otra, de transferir los datos edáficos al mapa base y disminuye la precisión de las medidas.

Las líneas de unión pueden trazarse en las fotografías con o sin ayuda del estereoscopio. Cuando se utiliza el estereoscopio, se coloca una línea en la mitad aproximada del área de traslapo de una de las fotografías. Esta y su compañera adyacente se colocan bajo el estereoscopio, se funden las imágenes y la línea de unión se transfiere a la fotografía adyacente. Este proceso se continúa a través de la línea de vuelo y entre vuelos adyacentes.

Para situar una línea de unión sin la ayuda del estereoscopio, se seleccionan dos rasgos distinguibles a lo largo del borde exterior del área que se va a levantar en la fotografía y se unen por medio de una línea recta; los mismos rasgos se identifican en la fotografía siguien-

te y se unen también con una recta. El proceso se continúa a través del área.

Cuando es de utilidad para el levantamiento cartográfico de los suelos, las líneas de unión pueden seguir rasgos prominentes del terreno, como caminos, ferrocarriles, ríos, etc., aún cuando sean irregulares o con curvas. En áreas que han sido seccionadas (*) las líneas de unión pueden coincidir con las divisorias entre las secciones.

Los colores que se utilizan para las líneas de unión deben contrastar con los de otras líneas; para ellas generalmente se usa tinta verde.

Aunque las líneas de unión requieren tiempo para su trazado, son indispensables para un buen levantamiento. Su uso evita el levantamiento duplicado en fotografías adyacentes, facilita el traslado de linderos de una foto a otra y simplifica el traslado cartográfico de los datos acerca de los suelos de las fotografías aéreas, al mapa base. Cuando se entintan los linderos de suelos y otros símbolos, deben interrumpirse en forma clara y precisa cuando llegan a las líneas de unión. Los símbolos de suelos deben mantenerse dentro de las líneas de unión si ello es posible. La unión del levantamiento de una fotografía con el de otra puede realizarse de varias maneras: una fotografía en donde ya se ha terminado el levantamiento y la contigua, pueden colocarse bajo un estereoscopio en donde se procederá a la fusión de las imágenes. De esta manera el levantamiento a lo largo de la línea de unión de la fotografía completa puede entonces transferirse estereoscópicamente a la fotografía en donde no se ha levantado nada aún, lo cua no es precisamente una buena práctica. Es mejor realizar la unión de las hojas **después** de que se haya hecho el levantamiento en las dos, con el fin de controlar la uniformidad del trabajo hecho por miembros individuales de un mismo equipo de levantamiento de suelos.

Si las fotografías contiguas están a la misma escala, puede ponerse una cinta de papel o plástico transparente sobre la línea de unión y en ella se dibuja el levantamiento marginal; esta cinta se coloca luego en la otra fotografía contígua con el fín de controlar el levantamiento y ver si coinciden o para pasar el levantamiento de suelos de una a otra foto.

Otro método que es particularmente útil cuando las aerofotografías contíguas tienen escalas diferentes, es trasferir los linderos refiriéndose a las imágenes fotográficas. A lo largo de la línea de unión pueden observarse las relaciones de los linderos de suelos con rasgos tales como árboles aislados, grupos de arbustos, esquinas de los campos, y rasgos por el estilo. Los mismos rasgos son luego localizados a lo largo de la línea de unión de la fotografía contígua de modo que se pueden controlar o transcribir los linderos a su misma posición de relación con el rasgo particular de que se trate. Cuando

(*) *N. del T.*: La sección es, en los Estados Unidos de Norteamérica, una división del terreno que tiene 259 hectáreas, o sea, una milla cuadrada.

no hay sobre el terreno rasgos que sean distinguibles se presentan dificultades.

No se puede hacer hincapié suficiente acerca de la necesidad de tener un gran cuidado al realizar las uniones de los levantamientos de una fotografía con otras, tanto en lo que concierne a la unión entre líneas como en cuanto al control de la clasificación. Tanto los caminos como los cursos de agua deben ser contínuos de una a otra fotografía; se necesita un cuidado especial en las esquinas en donde se unen cuatro fotogratías. Cuando no se usa un método sistemático es fácil cometer errores que pueden luego conducir a interpretaciones difíciles o dudosas del levantamiento.

Debe mantenerse un registro de la unión de fotografías contíguas; esto es especialmente útil cuando varios edafólogos están trabajando en una misma área bajo estudio. Tal registro puede mantenerse con relativa facilidad por medio de una capa de material transparente vertida sobre el índice fotográfico. Conforme se van uniendo las fotografías, la capa transparente puede marcarse. Algunos técnicos ponen las letras N.S.E. y O. en cada hoja y las tachan conforme se juntan sobre el lado norte, sur, este u oeste.

Entintado de la fotografía.—Después de terminar a lápiz el levantamiento de suelos sobre una fotografía, con los linderos unidos a fotografías contiguas previamente delineadas, las hojas de campo se deben entintar. Para obtener claridad y control es útil entintar las tres clases de rasgos principales con colores contrastantes que tengan buenas cualidades fotográficas. Por ejemplo, los caminos, ferrocarriles, edificios y otros rasgos culturales pueden ponerse en rojo, los rasgos de drenaje en azul-negro, los linderos de suelos y sus símbolos en negro y las líneas divisorias de secciones (*) y sus números en rojo o verde para evitar confusión con las carreteras.

Cada grupo de rasgos puede entintarse en una operación separada. Los rasgos culturales pueden entintarse primero en rojo, por ejemplo, y controlar al mismo tiempo la clasificación de las carreteras y otros rasgos. Luego puede entintarse el drenaje con un color azul-negro, trabajo que se inspecciona después con el fín de asegurar que los drenajes individuales estén unidos y clasificados en la forma que corresponde. Las líneas de suelos pueden entintarse más tarde con tinta negra. Cuando se procede al entintado de las líneas de suelos es mejor cerrar cada área individual conforme se realiza el trabajo o entintarlos hasta cierta línea específica, como por ejemplo un camino o lindero entre campos. Conforme se cierra un área, se debe colocar el símbolo tan cerca del centro como sea posible. Si el área es larga e irregular, deben repetirse los símbolos en posiciones que aseguren una lectura fácil del mapa, sin abusar de repeticiones. Los símbolos deben colocarse en tal forma que puedan ser leídos desde el mismo lado o dirección y deben ponerse aproximadamente para-

(*) *N. del T.*: División del terreno utilizada en los Estados Unidos de Norteamérica igual a 259 Has.

lelos. Cuando las extensiones de suelo sean tan pequeñas que no se pueden poner los símbolos dentro de ellas sino fuera, deben unirse al área a que se refieren por medio de una flecha. Los nombres de lugares generalmente son los últimos que se entintan; estos pueden ponerse en negro o con el color del rasgo al cual se refieren. Dejándolos de último, se consigue situarlos en tal forma que no interfieran con la lectura de los símbolos de suelos y otros detalles; deben ponerse de modo que no quede duda acerca del rasgo que designan. No es necesario repetir en cada hoja los nombres de ferrocarriles, ríos y otros rasgos que se continúan a través de varias fotos y sólo se ponen las veces que ello sea necesario para claridad. Debe tenerse mucho cuidado en la colocación de nombres de riachuelos; esto debe hacerse de manera que no surja luego confusión acerca de la rama a la cual se aplica el nombre.

El entintado por grupos y con colores diferentes de los rasgos más importantes de un mapa de suelos, permite el control de cada grupo en forma individual, lo cual viene a dar como resultado un número menor de errores. Los colores también facilitan la interpretación del mapa original por otro que deban utilizarlo. Si todos los datos se ponen con un mismo color, los mapas de campo dan la impresión de congestión, lo cual hace más difícil su revisión e interpretación.

Entintado sobre coberturas.—El entintado sobre coberturas se hace de la misma forma que en las fotografías. Debe usarse tintas opacas ya que las coberturas se reproducen frecuentemente por métodos de impresión directos. Si se usan tintas corrientes de dibujo a prueba de agua sobre coberturas plásticas, deben rociarse ligeramente con un atomizador de plástico con el objeto de fijar la tinta y evitar resquebrajaduras.

Orientación de las aerofotografías.— Una de las ventajas de las aerofotografías es la rapidez con la cual se pueden orientar en relación al detalle local y la facilidad poco común con que el edafólogo puede localizar su posición en la fotografía. La fotografía se orienta normalmente en el campo localizando en el terreno imágenes fácilmente identificables en la fotografía.

En zonas relativamente planas carentes de detalle la orientación se hace más difícil. En algunos lugares es útil montar la fotografía en una plancheta situada en un punto identificable. La fotografía puede orientarse hacia un segundo punto identificable con la plancheta orientada por medio de brújula. Así pueden recorrerse poligonales cortas en la zona. Debido a que las variaciones de escala dentro de la fotografía causan algunas dificultades, es necesario enlazar la poligonal a todas las señales identificables que se encuentran a lo largo de la ruta. Es muy raro que sea necesario establecer poligonales con líneas rectas y muy largas. Debido a las variaciones de escala

dentro de las fotografías, deben usarse para orientación los rasgos cercanos más bien que los distantes.

Las áreas de bosques densos presentan problemas tanto desde el punto de vista de la orientación como del de la ubicación; esto puede algunas veces obviarse estableciendo poligonales cortas dentro del área, las cuales se corren dentro de puntos identificables en la periferia de las zonas boscosas. La delineación esterescópica de los rasgos del drenaje hecha antes de salir al campo, así como el estudio estereoscópico del relieve mientras se está en él, contribuyen a la orientación y ubicación cuando se trabaja en zonas boscosas, especialmente en las zonas de colinas.

Cuando es necesario trasladar la orientación de una fotografía a otra, ello se hace traslapando las fotografías. Primero se marcan los puntos principales trazando desde las contramarcas que se encuentran en los márgenes de las fotografías las líneas de intersección y transfiriendo el centro de la fotografía de atrás a la de adelante y el de la de adelante a la de atrás. Luego se pueden sobreponer las fotografías en tal forma que los puntos principales coincidan en el área de traslapo. Utilizando una brújula, puede marcarse una línea de norte magnético en una fotografía que haya sido orientada en forma apropiada por medio de rasgos identificados; luego se transfiere la línea norte a las fotografías adyacentes y traslapadas, ya por medio de asociación de rasgos identificables o estereoscópicamente.

Las fotografías pueden orientarse con respecto al norte magnético verdadero cuando se utilizan junto con un mapa detallado de la zona. Se deben seleccionar dos puntos de unión, identificables, en la fotografía y en el mapa, que se encuentren preferiblemente sobre una línea cercana al centro de la fotografía. El rumbo magnético de la línea que une los puntos puede medirse por medio de un transportador y entonces se puede orientar la fotografía. Cuando la orientación se consigue por medio de una brújula, los puntos seleccionados deben ser facilmente identificables sobre el terreno. Excepto en terrenos poblados por bosques densos, la plancheta con brújula es mejor que la brújula de mano.

Las sombras de las aerofotografías sirven para dar una orientación magnética aproximada, siempre que se conozca la hora y día del año en que fué tomada la fotografía.

Trazado de líneas de suelos.—El trazado de las líneas de suelos es principalmente un asunto de mantenerse uno siempre ubicado en forma apropiada con relación al detalle de la fotografía y de dibujar las líneas de suelos en relación con las imágenes identificables tanto en la fotografía como en el terreno. La primera cualidad de un edafólogo debe ser mantenerse ubicado en forma precisa en la fotografía. Las líneas de suelos se dibujan en relación a puntos facilmente identificables, como linderos de campos, quebradas, edificios, bordes de bosques, árboles aislados, carreteras y otros rasgos similares. Cuando se dispone de detalle abundante, tanto la orienta-

ción por medio de la brújula como la medición de distancias no son necesarias y el edafólogo no está obligado a seguir ninguna poligonal, quedando libre por tanto para moverse y examinar los tipos de suelo según sea conveniente. Como no hay necesidad de medir, las diferencias en escala dentro de la fotografía o entre fotografías tienen poca o ninguna importancia.

Cuando hay necesidad de mostrar en las fotos rasgos nuevos, establecidos después de haber sido tomadas, deben ubicarse por medio de levantamientos con líneas de intersección trazadas desde puntos identificables y que se corten lo más aproximadamente en ángulos rectos. La distancia medida desde los rasgos identificables darán la localización de los nuevos rasgos. Generalmente la intersección de dos distancias medidas es lo suficientemente precisa para lograr este propósito (2).

Una vez que el edafólogo se ha familiarizado con los suelos de la zona y con las interrelaciones entre los mismos y los rasgos del paisaje, muchas de las líneas de suelos se hacen entonces visibles en las fotografías. Estas líneas pueden dibujarse anticipadamente en las fotografías y luego verificarse en el curso del levantamiento.

Cuando se trabaja en zonas de bosques densos u otras zonas con pocos rasgos identificables en las fotografías, puede ser necesario medir direcciones y distancias para lograr que las líneas entre suelos sean precisas. Esto se hace mejor si se montan las fotografías sobre la plancheta. Si se orientan las fotografías con brújula y se conoce la escala, la medida de distancias y direcciones es principalmente un asunto de corrección de la distorsión. Debe hacerse todo el esfuerzo posible para amarrar tan a menudo como sea posible las imágenes identificables y de usar cuando se miden distancias, la escala particular de la porción de fotografía en que se está trabajando.

Correciones.—Las correcciones en las aerofotografías deben hacerse con mucho cuidado pues si la emulsión fotográfica se rompe o se raya, la tinta se corre en tal forma que las líneas y símbolos se vuelven ilegibles. Las correcciones de líneas entintadas deben hacerse con un borrador suave o con algodón y alcohol. Si una fotografía se llega a dañar hasta el extremo de que no puede ser reentintada en forma legible, es mejor sobreponerle una capa delgada de plástico transparente y reentintar los datos sobre ésta. La cobertura de plástico debe asegurarse bien a la fotografía.

CONTROL HORIZONTAL DE LAS AEROFOTOGRAFIAS

Para transferir las líneas y símbolos de suelos de las aerofotografías a una base de compilación, se necesita un mapa planimétrico de buena calidad. En áreas que no tengan un mapa adecuado, es necesario construir un mapa base de las aerofotografías.

(2) Véase también el Apéndice I. Preparación de mapas con plancheta.

La escala del mapa, su exactitud, así como la orientación y situación sobre la corteza terrestre, dependen del control horizontal sobre el terreno. Este control es el esqueleto del mapa y es comparable a las bases y armadura de hierro de un gran edificio. Una vez terminado el editicio, la armadura no se ve más.

Una estación de control horizontal es un punto preciso establecido sobre la superficie terrestre, cuya posición ha sido determinada exactamente por medio de métodos topográficos y relacionada a paralelos de latitud y meridianos de longitud. Hay muchísimas estaciones de estas diseminadas por todos los Estados Unidos, las cuales han sido establecidas y lo están siendo en la actualidad, por el Levantamiento Geodésico y de Costas, el Levantamiento Geológico, el Cuerpo de Ingenieros del Ejercito de los Estados Unidos, el Levantamiento de Lagos, la Comisión del Río Misisipí y en escala limitada, por firmas privadas de ingeniería y cartografía. Las posiciones y descripciones de estas estaciones están al alcance de los interesados a través de los registros de las agencias que las establecieron.

Distribución y extensión.—Los equipos de levantamientos de suelos no están equipados para establecer control terrestre y se usan y dependen de las estaciones de control ya establecidas por otras agencias. La Sección de Cartografía de la División de Levantamiento de Suelos de los Estados Unidos utiliza estas estaciones de control como base para establecer puntos de control fotogramétrico entre puntos terrestres muy espaciados por medio de un proceso conocido corrientemente como triangulación radial. Estos puntos de control fotogramétrico (también denominados de control suplementario) se usan sobre los mapas base para conseguir la orientación verdadera y la colocación de cada aerofotografía en tal forma que las líneas de suelos y los rasgos culturales y de drenaje puedan ser ubicados en sus posiciones verdaderas en el mapa de suelos.

La densidad de las estaciones de control horizontal varía en los Estados Unidos de 2 a 3 millas entre estaciones en áreas muy desarrolladas, hasta 75 millas entre una y otra en los Estados del Oeste. Es práctica general de la Sección Cartográfica utilizar todas las estaciones de control horizontal establecidas en los alrededores de una zona que se va a estudiar, ya que ello va en beneficio de la exactitud y simplifica también la preparación del mapa de suelos.

Con el método de triangulación radial, la distribución ideal de las estaciones de control es de una para cada 16 millas cuadradas (41,42 Km^2) de área aproximadamente, además, puntos adicionales cercanos a las esquinas y puntos en cada 3 a 5 fotografías situados a lo largo de los linderos de la zona. Desafortunadamente estas condiciones rara vez se consiguen y lo que sucede corrientemente es que existen muy pocos puntos establecidos o que ellos no están distribuidos en forma proporcional. Es por esto, que en la mayoría de las áreas por estudiar, deben usarse todas las estaciones de control. Cuando no existe suficiente control sobre el terreno es necesario usar las esta-

ciones de control que se encuentren hasta a 5 millas (8,045 Km.) más allá de los límites de la zona. En estos casos, se necesitan las fotografías aéreas de las estaciones y del terreno entre ellas y la zona bajo estudio. En algunas regiones son tan escasos los puntos de control existentes que es necesario utilizar los levantamientos hechos para ferrocarriles, carreteras y compañías públicas, tanto como los de la Oficina General de Tierras. Estos levantamientos desde luego, ofrecen un grado de exactitud menor que el que se obtiene por medio de estaciones de control apropiadas.

Descripción de las estaciones de control.—Las estaciones de control horizontal se dividen en tres clases: 1º mojones, 2º marcas especiales y 3º intersecciones de cercas y carreteras.

Los primeros son los más importantes, ya que ellos se establecen en forma permanente por medio de triangulación geodésica y poligonales con un alto grado de exactitud. El punto localizado exactamente se marca con un bloque de concreto, tubo galvanizado o bloque de piedra, en cuya parte superior se fija una placa de bronce. Algunas de las estaciones más viejas están marcadas por medio de triángulos o cruces talladas sobre monumentos de piedra o afloraciones naturales de rocas. La mayoría de estas estaciones están descritas en forma detallada de tal manera que puedan localizarse y utilizarse fácilmente. Las descripciones incluyen las distancias y direcciones desde dos o tres poblaciones, la descripción de la ruta a seguir, saliendo de alguna población, el propietario del terreno en que se encuentra la estación, las distancias entre objetos cercanos y la estación, ángulos y distancias de ella hacia las referencias testigo y marcas azimutales.

Las marcas especiales usadas como estaciones de control terrestre incluyen agujas de las torres de las iglesias, chimeneas, torres de molinos, faros, astas de banderas y picos montañosos pronunciados. Sus posiciones se obtienen por medio de triangulación y corrientemente tienen una gran exactitud. Hay descripciones utilizables que incluyen hasta la fecha en que fueron localizadas.

En tercer lugar con grado de exactitud inferior, están puntos tales como la intersección de las líneas centrales de carreteras, intersecciones entre las proyecciones de líneas de cercas con las líneas centrales de carreteras, intersecciones de ferrocarriles, cruces de carreteras con ferrocarriles e intersección de carreteras o ferrocarriles con líneas demarcadoras de secciones (1). Estas estaciones se obtienen a lo largo de las poligonales levantadas con teodólito, y de ellas su posición se puede obtener una breve descripción de la agencia que las estableció. Estos puntos tienen una exactitud relativamente inferior que los mojones y las marcas especiales debido a que ellos no están marcados en forma alguna sobre el terreno y el establecimiento del punto preciso establecido por la poligonal es problemático.

---

(1) *N. del T.*: División de terreno en los Estados Unidos.

Métodos para localizar e identificar estaciones.—Al iniciarse el levantamiento de suelos de una región, la Sección Cartográfica de la División de Levantamiento de Suelos obtiene las posiciones y descripciones de todas las estaciones de control establecidas en el área y las adyacentes a ella. Estas se ubican en el mapa que se haya conseguido. También se obtienen las fotografías aéreas, no solo del área en estudio sino también de la zona adyacente en donde estén ubicadas las estaciones de control necesarias. En la Sección se hacen intentos para identificar cada una de las estaciones de control. Esta es una tarea de mucha exigencia porque la construcción básica de la compilación depende de la identificación precisa de todos los puntos. Un gran porcentaje de las estaciones se puede localizar con certeza en la oficina; los que estén en duda o que no pueden identificarse se envían al edafólogo para que las localice e identifique en el campo.

La exactitud y cuidado que son requeridos del edafólogo en la localización e identificación de las estaciones de control en aerofotografías, no deben ser exagerados. La identificación equivocada de una estación de control en una fotografía aérea, si no se descubre al disponer las fotografías radialmente o en la compilación, causará la distorsion de la escala de la base y el desplazamiento de toda la planimetría y de los linderos de suelos en el área referida a la estación, y aún cuando se localice el error, la estación no puede utilizarse, lo cual debilita la exactitud de la triangulación radial o de los puntos secundarios de control. El personal de campo debe tener todo el cuidado posible para recobrar e identificar estaciones de control en fotografías cuando se le solicite que lo haga.

Al pedir la información, los cartógrafos suministran al jefe del grupo que realiza el estudio, la fotografía que cubre el área general de la estación, con localización aproximada indicada en la fotografía por medio de un triángulo rojo hecho con lápiz de cera. Junto con la copia fotográfica viene también una descripción de la estación.

Las estaciones constituidas por marcas especiales o por intersecciones no son descritas generalmente en detalle debido a que fácilmente se pueden localizar. El punto de mayor importancia para el edafólogo al identificar y localizar estaciones de control es estar seguro de si es el punto descrito en el levantamiento original. Algunas estaciones de intersección tales como tanques de almacenamiento de agua, torres de iglesias y faros para navegación aérea son a veces movidos de sus lugares y en consecuencia su ubicación actual en el terreno puede no ser la misma que la descrita en el levantamiento viejo. Por medio de la fecha dada en la descripción de cada estación, el edafólogo puede averiguar con viejos vecinos de la localidad si la estación de control ha sido movida después de establecida su posición en el levantamiento. Una vez localizada la estación, el edafólogo la debe identificar en la fotografía que se le suministró para este propósito, lo cual hace por medio de un círculo de medio centímetro de diámetro, hecho preferibemente con lápiz rojo sobre la cara de la fotografía y puesto alrededor de la estación. Por detrás de la fotografía,

se hace un círculo concéntrico con el anterior pero más grande junto al cual se escribe, con lápiz de dureza media, el nombre de la estación. No se debe usar tinta para marcar la estación de control en el frente de la fotografía ni es necesario marcar el punto exacto punzando la foto; la localización exacta se hará más tarde en la oficina, con ayuda del estereoscopio y una vez lograda, se marca con alfiler fino. Si el edafólogo cree que el cartógrafo va a encontrar dificultades en la determinación exacta de la estación, puede, en el reverso de la fotografía, mostrar por medio de un esquema el detalle del terreno en los alrededores de la estación.

Las estaciones de mojón (o monumentos) presentan más problemas para su identificación de campo que cualquiera de los dos tipos previos, debido a que muchas no pueden ser identificadas exactamente sobre las fotografías ni aún con la ayuda del estereoscopio. Las estaciones de mojón pueden clasificarse en tres grupos: Primero, las que pueden marcarse exactamente por medio de una aguja fina cuando se pueden localizar estereoscópicamente o por medio de un lente de aumento. El edafólogo debe enseñar el punto, poniendo un círculo por detrás de la fotografía, hecho con un lápiz de dureza media, con el cual debe escribir también el nombre de la estación y si es necesario para mayor claridad, puede hacer un esquema pequeño de los detalles y rasgos del terreno adyacente, inmediato a la estación. Puede también escribir una corta descripción acerca de la exactitud de la identificación.

En segundo lugar están las estaciones que no pueden identificarse directamente debido a que están localizadas ya sea en campo abierto en donde no hay detalle, o en áreas con bosques de escasa densidad. En estos casos el edafólogo debe ubicarlas por medio de medidas desde rasgos identificables, como carreteras, cercas, edificios y pequeños árboles vecinos a la estación. Estos puntos de referencias deben en lo posible coincidir en la estación formando ángulos rectos entre sí, ya que esta es la manera de obtener la exactitud mayor cuando se va a ubicar la estación en la fotografía. Los puntos de referencias pueden ser tres, y hasta cuatro y cinco, y deben estar alejados de 120 a 150 m. de la estación. Se debe ser cuidadoso en la selección de los puntos porque las cercas y los edificios pueden ser removidos o reconstruidos, las carreteras pueden ser cambiadas y los árboles que eran pequeños cuando la foto fué tomada, pueden haber crecido. Generalmente el edafólogo puede decir si un punto de referencia existía cuando se tomó la fotografía, refiriéndose a la fecha estampada en la esquina superior izquierda. Los puntos de referencia deben marcarse con un agujero después de lo cual se les rodea con un círculo hecho con lápiz rojo. En el reverso de la fotografía, y en el área opuesta a los puntos, debe hacerse un esquema en lápiz negro, en el cual se muestre la posición general de los puntos de referencia, la estación y otros detalles de interés, así como las distancias desde la estación hasta cada uno de los puntos de

referencia; debe escribirse el nombre y además indicarse por medio de una flecha. Aunque el esquema puede no hacerse a escala, debe ser hecho en forma muy cuidadosa porque la Sección Cartográfica identificará a partir de él la posición verdadera de la estación.

En tercer lugar vienen las estaciones amojonadas establecidas en áreas densamente boscosas en donde no hay puntos de referencia posibles y en donde la estación no se puede identificar. En estos casos, no le queda más al edafólogo que localizar la estación en el terreno por medio de la descripción que se le ha suministrado y por medio de un estudio estereoscópico muy cuidadoso de las fotografías. Una vez satisfecho de que la identificación hecha es la mejor que puede hacerse, debe marcar el punto en la fotografía, poner un círculo a su alrededor tanto en el frente como por detrás y proceder de ahí en adelante como en el primer grupo.

Las características particulares estampadas en la placa de bronce de la estación deben coincidir con la descripción. El Departamento Geodésico y de Costas de los Estados Unidos generalmente coloca dos o tres señales de referencia en la vecindad de sus estaciones. Estas señales tienen una flecha que apunta hacia la estación y ésta está marcada con un triángulo. A lo largo de algunas poligonales, las estaciones amojonadas están por pares, con una distancia entre ellas generalmente de 150 metros y por lo tanto el edafólogo debe tener mucho cuidado para no equivocarse localizando la estación que no es.

Para el examen de las fotografías en el campo debe usarse siempre que sea posibe un estereoscopio y cuando no hay uno disponible, debe utilizarse un lente de aumento para marcar todos los puntos.

USO DE MOSAICOS AEREOS Y FOTOMAPAS

Los mosaicos aéreos y los fotomapas se usan generalmente en los levantamientos de suelos en la misma forma que las fotografías individuales, con excepción de que ellos no pueden usarse para fines que requieran visión estereoscópica. Si el mosaico o el fotomapa no han sido controlados, su uso es similar al de las fotografías individuales. Si está bien controlado puede usarse de la misma manera que un mapa planimétrico bien construído. Dado que los mosaicos y los fotomapas no pueden estudiarse estereoscópicamente, se necesita mucho cuidado al usarlos para localización de drenajes y otros rasgos en áreas sombreadas densamente y también para evitar errores en la localización de los linderos entre suelos. Tanto edificios aislados como caminos pueden pasar desapercibidos o pueden ser identificados en forma inexacta. Sin embargo, puede usarse un conjunto de fotografías esteroscópicas junto con el mosaico. Estas pueden mantenerse en la oficina de campo en donde se estudian antes de salir al terreno y en ellas se hacen las interpretaciones y delineaciones necesarias. Estas interpretaciones pueden trasladarse al mosaico antes de llevarlo

al campo. Al pasar cualquier cambio de rasgo cultural al mosaico, debe usarse un color brillante contrastante y debe estarse seguro de que han sido registrados también en el grupo de hojas en que se van anotando los datos del levantamiento de suelos.

La unión de mosaicos controlados y de fotomapas es mucho más simple que la de fotografías individuales. Ellos están usualmente hechos para reproducción en cuadrículas u hojas de forma similar. Estas hojas generalmente están limitadas por líneas de latitud y longitud y se empatan sin necesidad de traslapo. Las líneas exteriores de las cuadrículas sirven como límites de unión y el detalle se puede unir colocando las hojas adyacentes una a la par de otra. Si el mosaico o el fotomapa tienen un área de traslapo generalmente es muy angosta y casi siempre se encuentran líneas de cuadrícula que pueden usarse para unir dentro del área de traslapo.

Como las hojas de mosaico y fotomapas normalmente cubren una zona más grande que las aerofotografías individuales, se requieren menos hojas para cubrir el área bajo estudio. Esto reduce enormemente el número de líneas de empate entre hojas y el tiempo que se requiere para pasar y unir linderos.

El entintado de mosaicos y fotomapas se hace de la misma manera que el de las fotografías individuales. Cuando se usan capas transparentes en fotomapas o mosaicos se tratan igual que las que se utilizan en las aerofotografías. Teniendo en cuenta que los mosaicos y los fotomapas son grandes, el material transparente para las capas debe tener buena estabilidad dimensional.

El uso de mosaicos de baja calidad, incontrolados, puede frecuentemente conducir a serias dificultades en el levantamiento de campo así como en la construcción posterior del mapa, dificultades que pueden dar como resultado un mapa de baja calidad a un precio mayor.

USO DE MAPAS TOPOGRAFICOS Y PLANIMETRICOS

Cuando se utilizan mapas topográficos o planimétricos obtenidos de fuentes confiables y construídos por medio de métodos precisos, se puede asumir que los detalles culturales y físicos han sido clasificados y dibujados en forma apropiada, que los nombres de los lugares son correctos, que las proyecciones y cuadrículas han sido trazados en forma exacta y que el mapa llena las normas generalmente aceptadas como de alta precisión.

Aunque son más exactos que las fotografías aéreas, los mapas planimétricos y topográficos carecen del detalle minucioso del terreno que aparece en las fotografías y el cual es tan útil en la cartografía de los suelos. Comunmente también se encuentran a escalas muy pequeñas para ser utilizados en el levantamiento de campo. En cuanto a uniones entre hojas contiguas, estos se realizan en forma mucho más fácil que con las fotografías, ya que están limitados por

líneas de cuadrícula y están hechos a una precisión tan grande que las hojas contiguas siempre se unen.

El entintado de los mapas planimétricos o topográficos se hace con tinta de dibujo de buena calidad, a prueba de agua. Ya que los rasgos culturales y de drenaje están impresos en el mapa, únicamente se deben entintar las líneas de suelos, así como los símbolos y rasgos que han cambiado. Estos cambios se levantan por medio de la plancheta y luego se entintan en colores brillantes contrastantes, como el rojo o el carmesí. Los rasgos anticuados que ya no existen, se eliminan tachándolos con tinta roja. Es útil hacer estas correcciones y cambios directamente en los mapas sobre los cuales se está realizando el levantamiento. Cuando éste es muy detallado, puede que sea necesario utilizar copias separadas de los mapas para hacer los cambios. Todos los cambios deben mostrarse en un grupo de mapas, que puede ser el que se está usando en el levantamiento de suelos o en un grupo separado, pero nunca una parte en unos y otras en otros.

Los mapas topográficos o planimétricos hechos con normas de gran exactitud y a escala suficientemente grande, son de gran valor como bases para la cartografía de suelos. Aunque esta se haga en fotografías aéreas, los mapas topográficos son de enorme valor para el trabajo de campo. En algunos casos el trabajo de campo se hace sobre la fotografía y se transfiere luego al mapa topográfico o planimétrico por medio del "sketchmaster".

SIMBOLOS EN LA LEYENDA DE LAS HOJAS DE CAMPO (3)

La leyenda que acompaña las hojas de campo debe incluir una lista de todos los símbolos diferentes a los corrientes indicados en las láminas 1 a 5. En ciertas ocasiones será necesario agregar algún signo convencional para algún rasgo que no está incluído en los símbolos corrientemente usados. Cualquier símbolo que se agregue debe persentarse en forma de leyenda, junto con sus definiciones detalladas. Cuando se crea que el símbolo es de necesidad e importancia, debe hacerse la recomendación específica de que tal símbolo sea publicado, explicando los motivos de la recomendación. En los grabados que acompañan este Manual se incluyen suficientes símbolos corrientes, los cuales cubren casi todas las situaciones.

La leyenda debe incluir tanto los símbolos que se usan para designar las unidades cartográficas individuales como aquellos utilizados para cualquier condición especial de suelos, tierra o agua, como por ejemplo, afloramientos rocosos, minas de granzón o corrientes intermitentes. Debe anotarse el nombre de campo para cada unidad cartográfica, junto con su símbolo correspondiente. Cuando se usen símbolos fraccionales debe recordarse que cada combinación es un símbolo separado, individual, que debe identificarse en la leyenda.

---

(3) La confección de las leyendas de suelos se trata en la sección "La Leyenda para el Levantamiento de Suelos".

Los símbolos corrientes que se usan para fases de pedregosidad, afloramientos rocosos, suelos erosionados, erosión eólica, etc., deben repetirse en cada levenda, con definiciones en que se establezca el área representada por cada símbolo.

El jefe del equipo técnico de campo debe revisar continuamente las leyendas y las hojas de campo durante el estudio y especialmente al finalizarlo, con el fin de cerciorarse que la leyenda esté completa y sea consistente. El no hacer esto conduce a costos irrazonables en la construcción del mapa y a errores en la correlación y en la publicación final.

EL DETALLE DE LOS MAPAS DE CAMPO EN RELACION CON LA ESCALA DE PUBLICACION

Para que sea posible mostrar los detalles significativos en la planificación de fincas y para poder aplicar la ciencia agrícola en ellas, es necesario que el mapa de suelos esté a escala relativamente grande. Casi todos los levantamientos detallados de suelos se hacen ahora sobre fotografías aéreas a escalas de 1: 20.000 y 1:15.840. Levantamientos sumamente detallados se hacen en mapas a escalas aún mayores, como 1: 7920.

Los levantamientos de suelos tipo reconocimiento se realizan en mapas a escalas relativamente pequeñas, aunque el levantamiento de campo se hace frecuentemente a escalas de 1:63.360 o 1:31.680 con el fin de poder usar mapas topográficos o fotografías aéreas. (Véase la sección sobre Levantamientos cartográficos de suelos, Tipo Reconocimiento).

Como se pueden reproducir fotográficamente varias copias de las hojas de campo, generalmente es impráctico publicar todo el detalle levantado en un estudio de suelos muy detallado. Puede ser que sea necesario que la escala del levantamiento sea de 1: 7.920 en casos en donde problemas agrícolas complejos así lo requieran. Si el mapa de suelos de un condado promedio de los Estados Unidos (cerca de 2.537 Km2) fuera publicado a una escala de 1:7.920, se requeriría un mapa de 6,3 m. por 6.3 m. o sean cerca de 180 hojas de cuadrángulo, cada una de 43 x 56 cm. Un mapa de este tamaño sería muy costoso, voluminoso y difícil de usar.

Algunas veces es necesario para publicación práctica del mapa, consolidar y aún eliminar algunas separaciones de suelos, especialmente si el levantamiento original ha incluido rasgos transitorios o subdivisiones menores de fases de suelos. Los problemas de detalle excesivo en la clasificación y simbolización, se tratan en varias partes de este **Manual.** La causa de mayor importancia la constituye una casificación defectuosa de suelos junto con leyendas incontroladas (4).

(4) Véanse las Secciones acerca de: Leyenda para el Levantamiento de Suelos, Unidades para la Clasificación y Cartografía de Suelos y Levantamiento en el campo de los Linderos de Suelos.

En donde sea necesario mostrar aspectos transitorios como uso actual de la tierra y otras subdivisiones de fases, puede utilizarse con ventaja otro grupo de hojas. La representación en los mapas principales de detalle excesivo o innecesario debe evitarse a toda costa. Si el mapa se va a publicar a una escala mucho menor que la de las hojas de campo, los edafólogos pueden inconcientemente aumentar excesivamente su costo. Si no se tiene clara en la mente la forma cómo los gastos van aumentando, es posible que los edafólogos estén inclinados a decirse: "No importa usar dos símbolos separados para dos suelos similares, pues siempre se lo podremos advertir a los cartógrafos para que los combinen". El edafólogo tiene la responsabilidad de mostrar únicamente el detalle pertinente al fin para el cual el estudio se está realizando. Cuando se trata de enseñar más detalles de lo necesario lo que se hace es desordenar y complicar las hojas de campo, retardar el trabajo de campo y aumentar los costos de la preparación y publicación del mapa.

Cualquier falta de claridad causada por excesivo detalle lo que hace es aumentar el costo y reducir la precisión. Debe tenerse mucho cuidado en todo lo referente a detalles. Los símbolos deben colocarse dentro de las áreas delineadas y deben ser escritos con tipo de letra suficientemente grande para que su legibilidad sea buena; los rasgos de drenaje y culturales, los linderos civiles, nombres lugareños y toda la información de esta índole que hacen las hojas de campo utilizables, deben ser legibles y de tamaño apropiado. Los símbolos de las unidades cartográficas deben ser tan cortos como sea posible de modo que puedan colocarse dentro de las áreas y ser en todo caso legibles. Las leyendas arbitrariamente estandarizadas con símbolos fraccionales largos son malas. Estos símbolos toman demasiado espacio en el mapa. Las hojas de campo ilegibles son totalmente inútiles.

En las figuras 14 y 15 se muestra el mismo mapa a escalas diferentes: La figura 14 muestra un mapa a escala 1:15.840. El mismo mapa se enseña en la figura 15, en A a escala 1:21.120; en B, 1: 31.680; y en C, 1: 63.360. Aquí se puede apreciar hasta donde es posible leer el detalle levantado a escala 1: 7.920 cuando se traspasa a escalas más pequeñas.

Combinación de pequeñas áreas para publicación. — Cuando el detalle de las hojas de campo es demasiado intrincado para que se pueda apreciar en la escala de publicación, deben unirse áreas pequeñas. Cuando esto se hace, es necesario asignar a estas áreas símbolos apropiados para que quede clara la disposición de las áreas en las cuales se han efectuado cambios de clasificación.

Uno de los métodos que se usan para consolidar detalle con el fin de llenar los requisitos de la escala de publicación, es el de transferir todo el detalle, excepto los símbolos de suelos, al mapa manuscrito, y luego con las hojas de campo a la vista, combinar u omitir

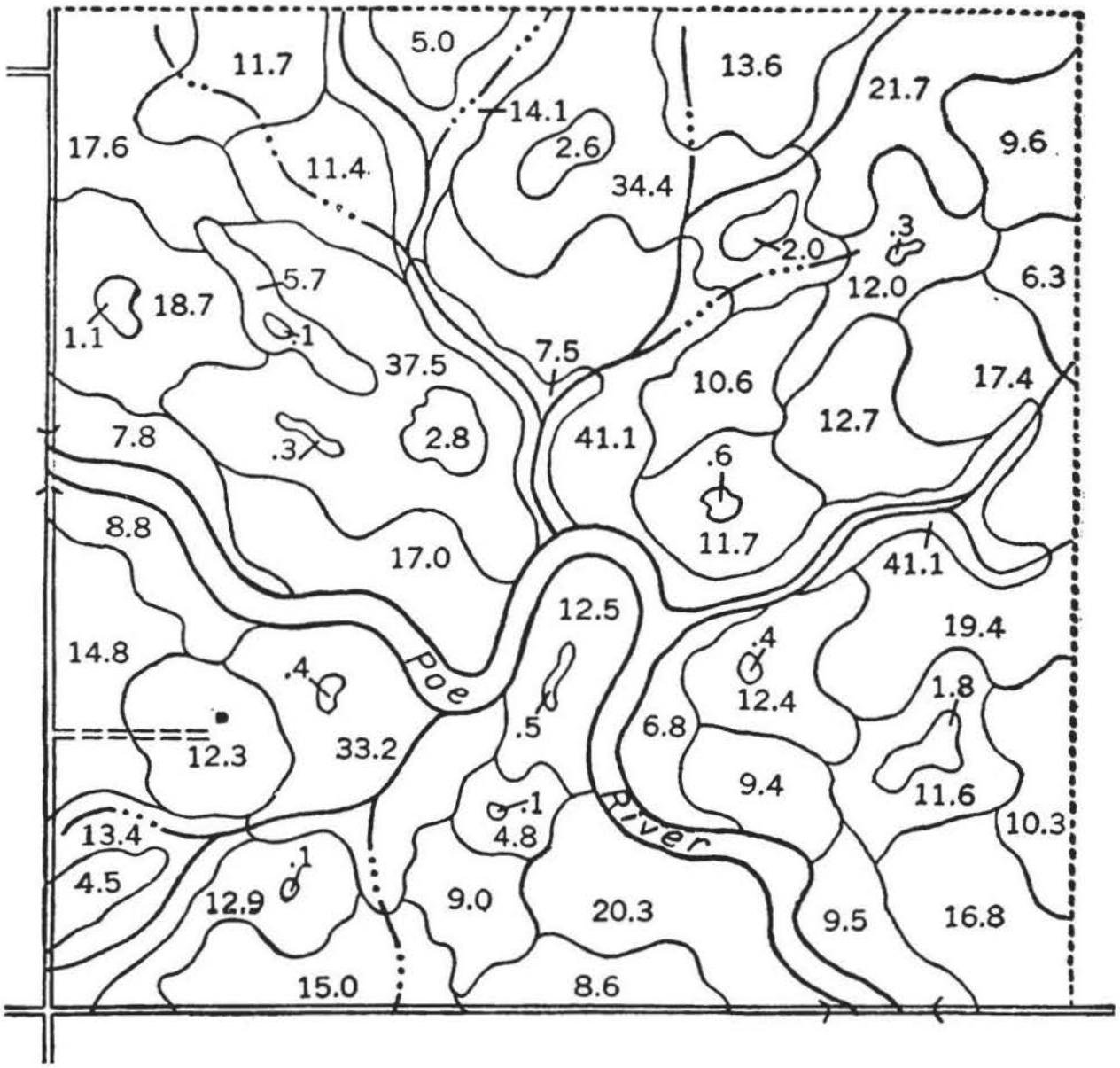


Fig. 14. — **Mapa a escala 1:15.840. El número dentro de cada área indiaidual da la extensión del área en acres. Compárese con la figura 15.**

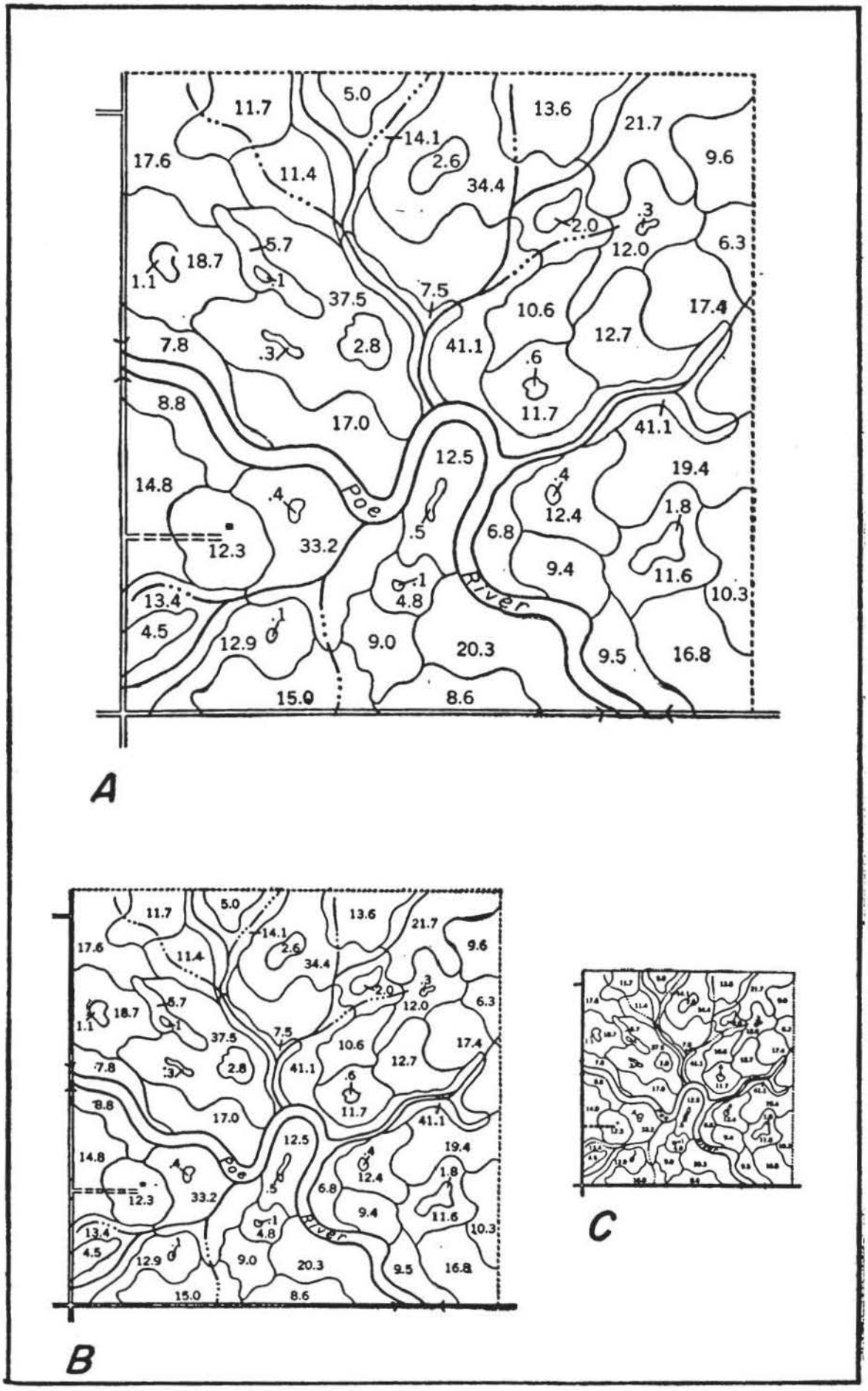


FIGURA 15. — Copias del mismo mapa a diferentes escalas A, 1: 21.120; B, 1: 31.680 y C, 1: 63.360. El número que aparece dentro de cada área individual da la extensión del área en acres. (Compárese con la fig. 14).

las áreas muy pequeñas para ser publicadas. La mayor desventaja de este método es que toma un tiempo larguísimo para transferir las delineaciones que luego se han de eliminar del mapa. Un método mejor es el de combinar las áreas en las hojas de campo antes de iniciar la construcción del mapa. Esta combinación requiere mucha habilidad para visualizar el detalle cartográfico convertido a la escala de publicación y seguir reglas definidas en relación a las áreas que deben ser omitidas o combinadas. Una guía útil es una hoja de acetato transparente sobre la cual se esbocen las áreas de tamaño mínimo para la escala de publicación. Esta hoja puede colocarse sobre la hoja de campo, pudiendo luego ser cambiada para acá y para allá con el fin de determinar si las áreas son o no muy pequeñas para publicación.

El Cuadro 1 da una idea general del tamaño que las áreas más pequeñas en varias escalas de campo tendrían al publicarse a diversas escalas. Se consideran aquí únicamente áreas aisladas o diseminadas. Si una gran parte del área total fuera levantada con este detalle máximo, sería imposible mostrarlo en los mapas con las escalas indicadas.

CUADRO 1. — Tamaño mínimo de las áreas que pueden mostrarse en mapas por publicar a diversas escalas y sus dimensiones en las hojas de campo de diferentes escalas. — (x)

Area de terreno		*Dimensiones en las hojas de campo*	*Posible escala de publicación*
Has.	*m.*	*mm.*	*1:*
ESCALA DE CAMPO: 1: 800			
10.1920	40 x 48	5 x 6	15.840
0.3584	56 x 64	7 x 8	21.120
0.5760	72 x 80	9 x 10	31.680
ESCALA DE CAMPO: 1: 16.000			
0.1920	40 x 48	2.5 x 3.0	21.120
0.5760	72 x 80	4.5 x 5.0	36.680
1.1520	96 x 120	6.0 x 7.5	63.360
ESCALA DE CAMPO: 1: 20.000			
0.3584	56 x 64	2.8 x 3.2	25.340
0.5760	72 x 80	3.6 x 4.0	31.680
1.1520	96 x 120	4.8 x 6.0	63.360

(*) *N. del T.*: Estos cuadros fueron modificados ligeramente en cuanto a escalas de campo y áreas de terreno con el fin de hacer más fácil su conversión al sistema decimal.

Si no hay posibilidades para combinar áreas pequeñas directamente en las hojas de campo, ello se puede hacer sobre reproducciones o sobre láminas transparentes de acetato en las que se copian únicamente los símbolos y los linderos necesarios. Cuando no hay necesidad de conservar las hojas de campo tal y como fueron cartografiadas originalmente, la combinación puede hacerse directamente sobre ellas. Si la unión o consolidación se hace directamente sobre las fotografías aéreas o sus copias, las combinaciones deben indicarse con un color brillante que contraste con el fondo de la fotografía.

Si el edalófogo tiene dificultad en visualizar las hojas de campo reducidas a la escala de publicación, puede reproducirlas a la escala aproximada de publicación y en esta forma hacer las consolidaciones sobre reproducciones a escala pequeña. Desde luego que este método es muy costoso.

Todos estos procedimientos son costosos y se hacen innecesarios cuando el estudio se planifica relacionando la escala de campo con la de publicación. Las consolidaciones hechas en la oficina nunca llegan a ser del todo satisfactorias y si es necesario mostrar complejos en los mapas, sus linderos deben comprobarse en el campo.

Si es necesario cartografiar detalles innecesarios como a veces sucede, esto debe planearse antes de comenzar el estudio. Tales detalles pueden mostrarse (1) en el mapa principal por medio de colores especiales siempre que ello no oscurezca o confunda los linderos, la planimetría o los símbolos a usar en el mapa publicado; (2) puede utilizarse un grupo adicional de hojas extra para el material que no se va a publicar; o (3) conforme avanza el trabajo de campo, pueden dibujarse dos mapas manuscritos, uno en donde se enseñen todos los detalles y otro en el que nada más se ponga al material que va a ser publicado. Corrientemente esta última alternativa es la más económica. Cuando se encuentren áreas pequeñas de condiciones notablemente contrastantes pueden mostrarse por medio de signos convencionales.

Cuando es necesario realizar mucha selección en las hojas de campo, el trabajo debe ser hecho por un edalófogo de experiencia, familiarizado con la zona; para ello el más indicado es el jefe del grupo de técnicos que realizó el levantamiento; y el costo de este trabajo debe incluirse en la sección: Plan de trabajo del Levantamiento de suelos (Véase página 60).

INSPECCION DEL TRABAJO DE CAMPO

El correlator de suelos debe visitar varias veces, durante el progreso del trabajo, cada uno de los equipos técnicos que realizan levantamientos de suelos; debe inspeccionar el trabajo de campo y cambiar impresiones con el jefe del estudio. Además de examinar y

revisar la clasificación de suelos utilizada en la leyenda descriptiva, debe revisar los mapas de campo para legibilidad y exactitud de la identificación y localización de las líneas de suelos.

Atención especial se le da a la legibilidad de los símbolos y nombres de los lugares, cierre de linderos de suelos, exactitud en la clasificación y simbolización de rasgos culturales y de drenaje, colocación sistemática de las líneas de unión, exactitud en la unión de las hojas, nitidez de las líneas así como otras cosas que influencian la exactitud del trabajo de campo y la facilidad con el cual este puede usarse en la construcción del mapa.

Los jefes de estudio deben controlar y aconsejar continuamente a los miembros de equipo para asegurar un entintado nítido y preciso de los datos de campo. Los empleados nuevos, especialmente, necesitan mucha ayuda hasta tanto se hayan familiarizado con las normas que se requieren en los levantamientos de suelos. El personal nuevo no puede abandonarse a que se valga de sus propios medios.

HOJAS DE CAMPO TERMINADAS

La hoja de campo terminada es el producto final del cual depende el trabajo y la reputación del edafólogo. Deben ser precisas, nitidas y legibles. Como sirven a un número tan crecido de personas, deben poder interpretarse con facilidad y precisión.

Signos convencionales

Las diversas Agencias del Gobierno Federal han desarrollado y se han puesto de acuerdo acerca de símbolos para la mayoría de los rasgos del terreno, los cuales son aceptados generalmente en la confección de mapas de suelos y se les utiliza cuando ello es práctico.

Algunos mapas especiales requieren símbolos que no se encuentran normalmente en las series de símbolos corrientes. Puede ser que tales símbolos especiales sean necesarios debido a la escala del mapa o a un dato que hay que hacer sobresalir, pero ninguno debe usarse en forma que conduzca a confusión con los que se utilizan corrientemente. En los levantamientos de suelos son muy pocos los símbolos convencionales adicionales que generalmente son necesarios.

En los mapas por publicarse se usan casi exclusivamente los signos convencionales corrientes. Tales símbolos se colocan en el mapa de acuerdo con especificaciones rígidas en cuanto a grosor de las líneas, tamaño y espaciamiento de puntos y rayas, así como en cuanto al tamaño y estilo de la escritura. En el levantamiento de campo deben usarse símbolos corrientes, aunque no es tan importante lo referente a exactitud en el grosor de las líneas.

Aunque algunos de los signos convencionales utilizados en el levantamiento de mapas de suelos no coinciden con los usados co-

rrientemente, siempre es necesario que sean estandarizados. Tomando como base el amplio programa de levantamiento de suelos a través del país, la estandarización máxima de las técnicas aumentará la eficiencia.

Los rasgos culturales diferentes a las clases de suelos mostrados en los levantamientos de suelos a través de los Estados Unidos, son suficientemente similares para hacer práctica la estandarización de signos convencionales. Una vez que se tiene un grupo de símbolos estandar, los edafólogos no necesitan aprender nuevos símbolos para cada levantamiento. Por medio del uso continuo de los mismos símbolos, el edafólogo finalmente adquiere destreza en hacerlos en forma rápida y nítida. El uso de un conjunto estandar de signos convencionales para los rasgos naturales y culturales facilita mucho el trabajo del cartógrafo. Es obvio que no se pueden estandarizar símbolos para los miles de clases de suelos.

Para asegurar la estandarización en una escala suficientemente amplia para cubrir la mayoría de los rasgos además de los suelos, se muestran en las láminas 1 al 5 una serie de símbolos estandar para uso de los edafólogos. Estos incluyen algunas alternativas. Un grupo corresponde a los usados en el mapa de suelos terminado y se aproxima mucho a los símbolos adoptados generalmente por las agencias federales que realizan trabajos cartográficos. El otro grupo representa una forma simple de los mismos símbolos, el cual se da únicamente para conveniencia en el entintado de las hojas de campo. En él se eliminan símbolos como carreteras de doble línea, las cuales se substituyen por líneas únicas coloreadas y también se simplifican el espaciamiento y puntos para otros signos. Este conjunto de signos simplificados puede que no sea apropiado para estudios cooperativos en que otras organizaciones proyectan utilizar las hojas de campo como mapas base.

Los símbolos y señales que se muestran en las láminas se dividen en agrupaciones mayores en la forma siguiente:

Obras y estructuras

Carreteras.—En las hojas de campo, las carreteras se indican en la forma siguiente:

1. Las de primera clase o sean las carreteras buenas para vehículos de motor, se muestran con líneas sólidas. Estas incluyen las carreteras que pueden ser usadas por automóviles a velocidades medias y para tránsito durante la mayor parte del año. Incluye este grupo todas las carreteras federales, estadales, de condado u otras carreteras públicas que estén en condiciones para el tránsito, todas las carreteras principales o carreteras continuas en condiciones de ser transitadas en secciones muy escasamente pobladas, así como todas las calles de las ciudades y carreteras abiertas al público en los parques.

2. Las carreteras de segunda clase incluyen las carreteras públicas malas para vehículos de motor y todas las carreteras privadas, sin tomar en cuenta su condición. Se indican por medio de líneas interrumpidas. Las carreteras de segunda clase comprenden aquellas vías públicas que por desuso o negligencia son intransitables por automóvil y camión, o que no pueden pasarse sin peligro para el vehículo, excepto a bajas velocidades. Las vías públicas que son transitables por carretas, pero no son buenas para uso motorizado se clasifican como carreteras malas para vehículos motorizados.

Las carreteras públicas se indican por medio de líneas sólidas o interrumpidas, de acuerdo con sus condiciones, mientras que los caminos privados se muestran siempre con líneas interrumpidas, independientemente de su condición. Se denominan carreteras o caminos públicos aquellos que han sido construidos o que son mantenidos por una dependencia pública. Los caminos privados incluyen caminos vecinales en los distritos rurales (excepto de aquellos que estuvieros incluídos en el grupo anterior), las callejuelas, caminos de trocha para fincas, casas de campo o instituciones, vías a los cementerios, pistas de carrera y caminos construídos o mantenidos por fundos privados o vecinales.

Las trochas carreteras que serpenteadas atraviesan los bosques, así como otros caminos usados principalmente en las operaciones ordinarias de las fincas, no se indican en los mapas publicados. Son indicadas en territorios de población muy diseminada, cuando tales caminos no mejorados son los que ofrecen al público la única vía de acceso a lugares importantes o grandes extensiones. En ciertas ocasiones, en regiones no pobladas, los caminos de recua, ni siquiera transitables por carretas, son los únicos que ofrecen una vía de acceceso a una región y por lo tanto deben aparecer en el mapa final. Es muy conveniente indicar en las hojas de campo todas las veredas, pero los caminos o senderos que no van a aparecer en los mapas publicados nunca deben entintarse.

La clase de camino debe indicarse sobre las hojas de campo con el símbolo apropiado y no por medio de números. Esto permite al edafólogo omitir números en unos cuantos lugares. En estudios altamente detallados, especialmente en donde los mapas de suelos se usan como base para clasificación de tierras, la clase correspondiente a las carreteras primarias debe sustituirse en tal forma que se puedan mostrar los diferentes tipos de pavimento. Los caminos transitables durante todas las estaciones pueden indicarse con una línea más gruesa que los otros, mientras que las otras vías primarias pueden indicarse por medio de símbolos convencionales. Con modificaciones apropiadas, pueden usarse símbolos diferentes para caminos engranzonados y para caminos pavimentados en donde sea necesario esa diferenciación.

Edificios en general. — El mapa muestra edificios permanen-

tes como residenciales, edificios públicos, almacenes, fábricas y otros establecimientos industriales. Casas deshabitadas, ya sean de fincas o de minas, así como cabañas de madereros se indican únicamente en donde constituyen señales importantes en regiones de poco detalle topográfico y cultural. Para los edificios en general se utiliza el cuadro negro convencional, excepto en aquellos cuyas dimensiones permiten su dibujo a escala. No se deben mostrar casas junto a la carretera a menos que la distancia no se pueda mostrar a escala. Los símbolos para casas de habitación deben entintarse en tal forma que queden de forma cuadrada y de tamaño uniforme en las hojas de campo. La mejor forma de hacerlo es delineando los cuadros primero con las esquinas bien marcadas para luego entintar su interior. Si las casas se muestran de un tamaño muy pequeño, se hace difícil hacer los símbolos cuadrados y a menos de que sean entintados de forma precisa y cuadrada, su identificación como símbolos de casas se vuelve insegura. Si fuere importante hacer la distinción entre casas y casitas de invierno, las últimas pueden mostrarse dejando los cuadrados sin rellenar. Estos símbolos se utilizan en mapas publicados únicamente cuando el uso recreacional del terreno es importante en forma especial y en donde su uso se especifica en el plan de trabajo para el estudio. En caso contrario, se usan los símbolos ordinarios para casas.

Manzanas de casas.—En pueblos con poblaciones de 2.500 habitantes o menos, se muestran las casas en forma individual, las iglesias, escuelas, almacenes y edificios similares, excepto en las zonas de comercio en donde los edificios estén construidos uno a la par de otro y en cuyo caso se usa el símbolo para manzanas completas de casas.

En las primeras ciudades con una población sobre los 2.500 habitantes se muestran en forma individual únicamente los edificios que constituyen marcas prominentes tales como escuelas, iglesias, universidades, colegios y casas de gobierno. Escuelas o iglesias se muestran conforme sus símbolos convencionales y a los otros edificios se les debe poner su nombre. En este caso no se indica ningún otro edificio dentro de los límites de la ciudad.

Iglesias y escuelas. — Las iglesias se distinguen por medio de una cruz que se agrega al símbolo para edificios y las escuelas agregando al símbolo corriente para edificios, una bandera en ángulo recto con la carretera. Cuando un edificio es utilizado tanto para escuela como para iglesia, se distingue con el símbolo para escuela únicamente.

Ferrocarriles. — Los ferrocarriles, ya sean operados por medio de vapor, electricidad, gasolina u otro combustible, incluyendo los ferrocarriles que aparecen en la lista Guía de Oficina para Ferrocarriles, se muestran por medio del símbolo, de espacio amplio, que representa los ferrocarriles de cualquier clase que sean.

Las líneas de tranvías eléctricos en áreas urbanas o más allá de los límites de las poblaciones se indican usando el mismo símbolo utilizado para ferrocarriles, designándoseles con su nombre de operación y tipo, como por ejemplo "Tránsito Rápido de Filadelfia (eléctrico)".

Las vías dobles, los patios de ferrocarril, los ramales y los ramales de cambio se muestran hasta donde la escala lo permita. Vías adyacentes paralelas de dos ferrocarriles se enseñan con símbolos escalonados unidos, poniendo los nombres correspondientes a cada línea. Las líneas adyacentes de una misma compañía se muestran extendiendo los símbolos de unión a través de ambas vías.

Las líneas de ferrocarril o de tranvías eléctricos que se encuentran incluidas dentro del derecho de vía de una carretera, se muestran por medio de líneas de cruces pequeñas, de líneas finas, las cuales se espacian en la misma forma que se hace en la línea utilizada corrientemente, es decir, fuera de los derechos de vía. En tales casos es necesario usar el símbolo de doble línea para las carreteras que se muestran en las hojas de campo, en vez de la línea sola que se usa corrientemente.

En los patios de ferrocarril con ramales paralelos, se deben mostrar únicamente tantos ramales como vayan a ser legibles en la escala del mapa de publicación, ya que muchos ramales hacen difícil el entintado, ilegibles las hojas y la impresión impracticable. En donde se encuentran ramales de cambio y apartaderos a lo largo de líneas únicas, tanto la principal como los apartaderos se entintan con líneas más finas que las utilizadas para la línea principal; estas líneas más finas se entintan primero y después las extensiones de la línea principal con un trazo más grueso; así se obtiene una copia más clara.

Los cruces a nivel se muestran continuando los símbolos de las carreteras y de los ferrocarriles; cuando hay separación de niveles, los cruces se indican interrumpiendo el símbolo de la vía que pasa por debajo: cuando una línea férrea cruza una carretera por encima se interrumpe el símbolo de la carretera; cuando es la carretera la que pasa por encima, se interrumpe el símbolo del ferrocarril. (No deben usarse indicaciones como "paso por arriba" o "paso por abajo").

Estaciones de ferrocarril. — Las estaciones de ferrocarril se muestran lo mismo que otro edificio, con la diferencia que este símbolo es colocado convencionalmente a través de la línea para indicar la existencia de una parada de trenes. El símbolo convencional para estaciones no se usa sobre la línea cuando no hay edificios de estación; su uso se confina generalmente a pequeñas poblaciones.

Puentes. — Se usan símbolos para puentes sobre cursos de agua cuando tienen una longitud superior a los 100 metros, así como cuando los puentes tienen nombres o en regiones de muy escasa

población en donde la existencia de un puente es vital para el uso de la vía.

Los finales de los puentes no se indican cuando son viaductos sobre ferrocarriles, patios de ferrocarril, carreteras o riachuelos. Se deben indicar sin embargo, los nombres de los grandes viaductos.

Los puentes levadizos en carreteras o ferrocarriles se muestran por símbolos separados. Tanto los puentes ordinarios como los de caballete se omiten en los ferrocarriles. En cualquier parte que el símbolo de puente reduzca la legibilidad del mapa, se omite también.

Los símbolos de puentes para peatones se usan muy poco, únicamente cuando el puente está aislado y es una vía importante de penetración a una región muy extensa.

"Ferries". — El símbolo de "ferry" se usa siempre que la corriente sea de un ancho que lo justifique; en donde es muy angosta, se escribe el nombre "ferry" o "balsa" según sea el caso. Los nombres de los "ferries" se ponen en los mapas.

Vados. — El símbolo para un vado de una carretera es similar al utilizado para representar carreteras privadas. Los nombres de vados importantes deben aparecer en los mapas.

Veredas. — El que se indiquen o no las veredas en los mapas depende de su importancia relativa. En las regiones montañosas o desérticas y en zonas densamente boscosas, especialmente aquellas con caseríos diseminados y en donde el tránsito se realiza principalmente por veredas, deben indicarse y ponerse los nombres de las importantes. Por otro lado, en las áreas densamente pobladas en donde los ferrocarriles y las carreteras abundan, se deben mostrar únicamente aquellas veredas que conduzcan a montañas o a través de áreas no desarrolladas y que no sean accesibles de otro modo. Hay que recordar que un simple "paso" no constituye vereda.

Rutas de barcos a vapor. — Las rutas de barcos a vapor en ríos y lagos en las que se mantiene un servicio público regular por "ferries" o embarcaciones de pasajeros, se indican por medio de líneas finas interrumpidas y las palabras "Ruta de barcos de vapor".

Canales y zanjas. — Los canales, ya sean con fines de navegación, irrigación o drenaje, se muestran por un símbolo de línea doble si su ancho actual puede indicarse a escala, de otro modo se emplea una sola línea de color azul. Los canales principales abandonados que constituyen un rasgo topográfico prominente deben indicarse por medio de líneas interrumpidas con trechos largos.

Los canales de riego, tanto los principales como los secundarios de mayor importancia se muestran en el mapa; se debe indicar el nombre de los principales. Los canales y las zanjas se entintan en azul.

Compuertas de canales. — El símbolo de compuerta en los canales debe indicarse hacia arriba de la corriente. Este se entinta únicamente cuando puede imprimirse en forma legible en la escala de publicación del mapa y lo mismo se aplica a los símbolos de las compuertas superior e inferior, las cuales se entintan separadamente sólo cuando pueden indicarse en forma legible.

Acueductos y oleoductos. — Se muestran únicamente los principales.

Líneas de alta tensión. — El alineamiento de las líneas troncales de alta tensión (100.000 voltios o más) deben obtenerse en el curso del levantamiento y deben indicarse en las hojas de campo. Deben omitirse las secciones de líneas de trasmisión que se encuentran dentro de los límites colectivos, así como sistemas laterales de distribución. Las líneas troncales generalmente se construyen en derechos de vía privados y en la mayor parte del país están colocadas en torres de acero. Las líneas de alta tensión deben entintarse en rojo. Cuando hay mucho detalle cultural no se indican.

Túneles. — Los túneles de todo tipo, ya sean de ferrocarriles o canales se muestran por medio de su símbolo. La ruta del túnel se indica con línea interrumpida; los túneles de ferrocarriles o carreteras se entintan en negro, los de acueductos en azul.

Represas. — Las represas permanentes en ríos y arroyos lagos o embalses se indican por medio de una línea gruesa. Cuando existe una carretera sobre la cresta de la represa, ésta se enseña por medio de su símbolo corriente, con la diferencia de que se dibuja más gruesa la línea del lado en que se encuentra el embalse en tal forma que indique la represa. Esta debe entintarse en su largo total y se rotula "represa". Cuando se trata de represas importantes se escribe también su nombre.

Embalses. — La línea de la ribera debe representar el estado de capacidad máxima que puede alcanzar la represa. Los embalses artificiales rodeados de represas por todos lados no se muestran con el símbolo de represa sino que se delinean en azul, como se hace con los lagos y lagunas. Los embalses pequeños se hacen sobresalir luego delineándose con azul.

Diques. — En las hojas topográficas del Levantamiento Geológico de los Estados Unidos, los diques se muestran por medio de hachetas o por líneas entintadas en color castaño y cuando estas hojas son utilizadas como mapas base, se usa este símbolo. El símbolo por usar en otras hojas se muestra en la lámina 2 y debe entintarse en negro.

Embarcaderos, muelles y rasgos similares. — Los embarcaderos, muelles, malecones, rompeolas y estructuras similares deben in-

dicarse por medio de líneas precisas y deben señalar todo el detalle que la escala del mapa permita. El esbozo de estas estructuras se entinta en negro, tal como se dibujaron a escala en el campo. Los muelles o embarcaderos angostos, se representan en la forma convencional, por medio de una línea doble del ancho de las usadas para carreteras angostas. Los malecones y rompeolas se entintan con líneas negras, gruesas y simples.

Faros y similares. — Tanto los faros como los buques faro, se ubican en el mapa y se muestran con los símbolos respectivos.

Estaciones salvavida. — Se muestran en general por medio del símbolo para casas, seguido por las letras LSS, pero las estaciones salvavida del Servicio de Guardacostas se enseñan por medio del mismo símbolo seguido de las letras CG.

Cementerios. — Los cementerios se muestran con sus límites actuales; si el cementerio es bien conocido y si hay espacio, se indica también el nombre; caso contrario se pone una cruz dentro de los linderos o las letras CEM. Los cementerios privados muy pequeños para mostrar a la escala en que se encuentra el mapa pueden enseñarse convencionalmente por medio de pequeños cuadrados dentro de los cuales se pone una cruz. Sin embargo, estos cementerios se deben omitir a menos que sean señales importantes de orientación en áreas de escasa población.

Aeropuertos y campos de aterrizaje. — Se deben indicar los linderos de aeropuertos y campos de aterrizaje, incluyendo los municipales, comerciales y privados, los campos federales de aterrizaje intermedio, los campos de aterrizaje auxiliares de importancia, los del ejército y las estaciones aéreas navales. El símbolo usado es el que se muestra en la lámina 5 para cementerios o parques pequeños. Se agrega el nombre propio del aeropuerto o se le pone simplemente la palabra "aeropuerto".

Minas y canteras. — Se indican por medio del símbolo del pico y el martillo junto con la palabra apropiada: "carbón", "caliza", "granito", etc. En áreas de rasgos culturales escasos, las minas abandonadas y aún las que estén en perspectiva y que constituyan puntos bien conocidos, deben mostrarse junto con sus nombres.

Las minas de granzón o grava se muestran por medio del símbolo de la pala y el pico; las que son muy grandes se indican con el símbolo o por medio de la palabra "mina de grava".

Pozos de petróleo y gas. — Cuando están en producción se indican por medio de un símbolo especial. Cuando estos son tan numerosos que no sea práctico indicarlos en forma individual, se delínea el campo completo por medio de líneas interrumpidas.

Hornos y fundiciones. — Para la representación de hornos no se usa sino el símbolo corriente de casas y en muchas zonas no es práctico ponerles el nombre. En zonas de población diseminada, los hornos pueden constituir puntos de importancia, con nombres bien reconocidos, que se siguen utilizando en los alrededores para denominar el lugar en que se encontraban aún después de que han desaparecido. En estas zonas es útil registrar sus nombres aunque no quede de ellos sino ruinas. La misma regla se aplica a las fundiciones, excepto que en este caso únicamente deben mostrarse aquellas activas con perspectivas de operación.

Hornos de coque. — Unicamente se indican los que se relacionan con minas en operación.

DRENAJE

Líneas costeras de marea. — En los mapas de suelos se toma ordinariamente como línea costera la media ordinaria de las mareas. Las líneas costeras que bordeen manglares cenagosos, sin embargo, pueden mostrarse más abajo de lo que usualmente sería la línea media entre mareas. Para la determinación de las márgenes de las crecidas medias, se excluyen las mareas más altas y se toma un promedio de las mareas altas corrientes tal y como se encuentran generalmente marcadas por los límites de la vegetación. Los mapas de los Levantamientos de Costas y Geodésico de los Estados Unidos son frecuentemente útiles en el control de la ubicación de las líneas costeras.

Las líneas costeras de todas las aguas deben entintarse con una línea firme y continua de color azul y sin interrumpir en los sitios en que hayan embarcaderos, muelles y estructuras similares que hayan sido construídos sobre el agua. Estas estructuras se entintan en negro. Los muros de contención construidos como parte artificial de las costas, se entintan en azul.

Pantanos en general. — En donde es necesario reconocer áreas extensas de pantanos de agua dulce y salada como tipos o fases de suelo, no se usan símbolos especiales para representarlas. Las grandes áreas bajo esta condición pueden llevar o no el símbolo especial, lo cual depende de la facilidad de lectura del mapa. Las áreas de escasa extensión se muestran por medio de sus símbolos respectivos, definidos por las hectáreas que cada uno representa. Unicamente las áreas pequeñas, separadas de otras similares más grandes, llevan estos símbolos; otros lugares húmedos llevan el símbolo correspondiente, q. v. La mayoría de los pantanos situados en costas bajas están atravesadas por una red de canales de marea, los cuales a diferencia de los riachuelos de los llanos lodosos, tienen una localización permanente y aquellos que sean apreciables en mareas altas medias deben mostrarse en forma individual hasta donde lo permita la escala.

Pantanos sumergidos. — Los pantanos que permanecen sumergidos por varios meses al año se deben diferenciar de los ordinarios. Las áreas pequeñas se representan dibujando penachos de gramíneas en azul (sin líneas horizontales entre los símbolos) sobre la superficie del agua.

Orillas de ríos. — El levantamiento cartográfico de ríos anchos de brazos entrelazados, ofrece un problema intrincado debido a que estos ríos están sujetos a fluctuaciones periódicas y cambios de ancho. Como regla general el ancho que se indica corresponde al del estado normal, el cual se detine como el nivel casi estacionario del agua durante la mayor parte del año. Este excluye estados de duración relativamente corta y resultantes de inundaciones, ya sean periódicas u ocasionales, así como los estados de aguas bajas. 'Generalmente el estado normal existe por un período de nueve a once meses para la mayoría de las corrientes de regiones relativamente húmedas. Cuando cualquier otro estado de las aguas que no es el normal ha sido levantado por otra agencia gubernamental, deben solicitarse instrucciones en cuanto a la posibilidad de utilizar en tal forma el material cartográfico, o si es que no se le debe usar.

En algunas zonas hay ríos que aunque están activos por períodos cortos de tiempo, disminuyen su caudal y aún llegan a secarse por varios meses, de modo que el estado normal prevaleciente de las aguas es muy bajo. Es por esto que ríos como el Platte y una gran parte del Missouri que están entrelazados normalmente, se representan de esa manera en el mapa. En donde las corrientes tengan fondos muy anchos de sedimentos inestables, estos se muestran como arenas o sedimentos fluviales y los canales principales se indican como corrientes permanentes o intermitentes, con la línea doble o única, según sea necesario. Otros cuerpos de agua que se encuentran dentro de la llanura normal de inundación, que tengan árboles u otra clase de vegetación estabilizada, o tierras arables, se muestran como fases o tipos de suelos. Los afloramientos rocosos se muestran con el símbolo correspondiente. Muchos ríos en áreas desérticas, por breves períodos no son sino lechos arenosos muy amplios, los cuales se muestran como fajas de depósitos de arena.

Lagos naturales. — La orilla de lagos o lagunas es la que corresponde al estado normal de las aguas, y no es necesariamente la orilla exacta encontrada en el momento del levantamiento, ya que este puede haber sido hecho durante un período de extrema sequía o de inundación. Debe hacerse un esfuerzo en el sentido de investigar la línea de estado normal de agua, la cual corrientemente está definida por una línea permanente de vegetación terrestre. La línea costera que se usa para representar un lago de grandes dimensiones sujeto a variaciones de alza o baja graduales en períodos de tiempo muy largo, es la que se encuentra en la fecha del levantamiento. Esta fecha debe indicarse con tinta sobre el lugar que representa la superficie del agua.

Lagos artificiales. — La orilla de un lago artificial es la que representa los márgenes de la superficie del agua cuando el lago se encuentra normalmente lleno, controlado por la represa y su vertedero.

Líneas costeras insulares. — Las líneas costeras de una isla corresponden a las líneas determinadas para la tierra firme cercana. Las islas que quedan expuestas cuando el agua llega más abajo de la línea determinada para la costa de tierra firme, no se incluirán en el mapa.

Clasificación de drenaje. — En las hojas de campo deben indicarse en forma clara y exacta todas las corrientes permanentes e intermitentes. En los mapas detallados debe mostrarse su disposición completa, en parte porque ello ayuda enormemente en la lectura del mapa de suelos, en especial en donde no se dispone de mapas topográficos detallados. Una vez bien definidos los tipos y fases de suelos en términos de clases dependiente de los suelos y con el arreglo detallado del drenaje, el largo, la forma y la dirección de las pendientes pueden ser apreciados por un lector de mapas con experiencia.

Es bueno en la práctica, indicar en las fotografías el drenaje por medio de un lápiz con líneas interrumpidas, las cuales se trazan antes del estudio de campo por medio de la observación estereoscópica. Las líneas deben confirmarse y clasificarse en el campo.

Las corrientes permanentes se entintan corrientemente con líneas sólidas aunque algunas veces se usan las interrumpidas. Considerando el uso por adelantado que tienen las copias fotográficas de las hojas de campo, el edafólogo debe hacer un esfuerzo para que sea posible distinguir las corrientes de agua de las líneas de suelos, recurriendo tanto a la forma como al color de las líneas. En donde se prevee un considerable uso de esta índole, las corrientes permanentes deben entintarse por medio de líneas interrumpidas de trazos largos con unas pocas flechas, pero apenas las suficientes para indicar la dirección de las corrientes y para que ayuden a distinguirlas de las líneas adyacentes que muestran líneas de suelos.

Las corrientes intermitentes deben diferenciarse en los levantamientos de suelos detallados. Las que se pueden atravesar con maquinaria agrícola se muestran con un punto entre rayas y las que no lo son, se muestran por medio de dos puntos entre rayas. Las corrientes intermitentes no clasificadas, en estudios de reconocimiento por ejemplo, se indican por medio de tres puntos entre rayas.

Cursos de agua permanentes. — Reciben el nombre de cursos de agua permanentes los que fluyen casi todo el año, excepto en años de sequía extrema. Se representan en las hojas de campo por medio de

una línea azul sólida o por una línea azul con largos trechos, como se explicó anteriormente. Es muy importante que quede totalmente claro el carácter permanente de la corriente cuando se muestra con líneas interrumpidas, especialmente en regiones áridas o semiáridas en donde el agua es de una importancia vital para el uso del suelo. En las regiones secas, los cursos en donde no fluya el agua permanentemente pero que mantienen agua empozada, se muestran por medio del símbolo de cursos permanentes. En ciertos casos es necesario averiguar en la localidad acerca de estos aspectos, con el fin de suplementar las observaciones de campo.

Las corrientes muy anchas se enseñan por medio de dos líneas dibujadas a escala. Esta doble línea debe usarse solamente cuando el ancho actual de la corriente pueda representarse a escala, sin exageraciones. Las corrientes angostas se muestran por medio de líneas sólidas de color azul, o por medio de líneas interrumpidas cuyo grosor aumenta conforme aumenta el tamaño de la corriente. Estas líneas se adelgazan hacia el lugar en donde se encuentran sus fuentes, pero deben permanecer suficientemente claras hasta el mismo nacimiento.

Cursos de agua intermitentes. — Son aquellos que se secan una gran parte del año, ordinariamente por más de tres meses. En las regiones áridas y semiáridas, los cursos de agua intermitentes no son fuentes de agua de las cuales se puede depender para el ganado, en contraste con las corrientes permanentes. El símbolo estandar general para cursos de agua intermitentes consiste en una línea interrumpida con tres puntos entre cada dos secciones. Este símbolo se usa ordinariamente en los estudios de reconocimiento para todas los cursos de agua intermitentes; sin embargo, en los estudios detallados es importante distinguir con claridad entre los que son cruzables por maquinaria agrícola y los que no. Como se verá por lo anterior, es necesario en el levantamiento de suelos, apartarse ligeramente de los símbolos usuales.

Los cursos de agua intermitentes que pueden cruzarse con maquinaria agrícola se muestran por medio de una línea seccionada convencional con un punto entre cada dos secciones. Aquellas corrientes que no puedan cruzarse con la maquinaria agrícola ordinaria, se muestran por medio de líneas interrumpidas o seccionadas con dos puntos entre cada par de rayas. En conclusión: **en un mapa datallado de suelos no deben aparecer líneas seccionadas con tres puntos entre cada par de secciones, o sea que no deben aparecer cursos de agua intermitentes no clasificados.**

Todo el drenaje intermitente observable y susceptible de mostrarse en los mapas debe enseñarse y clasificarse en los mapas detallados de suelos, aunque alguna parte de este drenaje detallado tenga que ser omitido en los mapas por publicar. (Lo anterior no de de interpretarse en el sentido de que deben mostrarse en los ma-

pas detallados todos los arroyuelos y cárcavas superficiales en forma individual). El sistema de drenaje completo tiene una relación muy importante con la disposición de los tipos y fases de suelos y ayuda notablemente en la lectura e interpretación de los mapas. Los bancos irregulares y los pisos de valles que no tengan canales de corrientes bien definidos se muestran en forma apropiada enseñándolos como tipos misceláneos de tierra o como fajas de arena.

Cursos de agua que desaparecen. — Algunos cursos de agua, en especial en zonas en donde hay calizas subyacentes, desaparecen abruptamente en cavernas y pueden continuar por largas distancias a través de canales subterráneos. Los puntos en que desaparecen y reaparecen deben ubicarse con exactitud, pero únicamente se indica el drenaje en donde la corriente es superficial.

Manantiales. — En las áreas con un buen abastecimiento de aguas, solamente se muestran manantiales grandes e importantes. En las regiones áridas y semiáridas, los manantiales deben ubicarse con gran cuidado debido a la importancia vital que tienen en relación con la utilización del suelo. Estos manantiales tienen corrientemente nombres que deben aparecer en los mapas de suelos. Los de carácter intermitente o aquellos que tengan aguas salinas o no bebibles deben identificarse así en el mapa o en notas adicionales Los manantiales a los que se ha hecho brocal, se indican como pozos, por medio de círculos azules; pero cuando un manantial es la fuente de una corriente se muestra por medio de un círculo azul del cual sale la corriente. El símbolo para manantiales debe hacerse en forma muy clara de modo que su lectura sea fácil.

Pozos y tanques de agua. — Tal y como sucede con los manantiales, la importancia de pozos y tanques de agua depende de la importancia que ellos tengan en la utilización del suelo. En las regiones áridas y semiáridas, se indican tanto los tanques como los pozos; se señalan igualmente los pozos artesianos, los cuales pueden o no estar fluyendo en la superficie. En las zonas en donde hayan pozos, deben indicarse todos, pero en aquellas muy pobladas con pozos artesianos que no manan, su presencia puede explicarse en el informe sin que sea necesario indicarlos individualmente en el mapa.

Lagos secos e intermitentes. — Los lagos y lagunas de escasa profundidad, que se hallan secos la mayor parte del año, son característicos de regiones áridas y semiáridas. Algunos de éstos se enseñan en las hojas de campo como clases de suelo específicas. Otros lagos secos y salinas y playas desiertas viejas, aunque no son intermitentes en el sentido usual, se asemejan tanto a los lagos intermitentes en apariencia y formación que se deben mostrar con el mismo símbolo. Aquellos de gran extensión y de mucha importancia deben describirse en notas suplementarias.

Relieve

Las cadenas montañosas importantes, las mesetas, riscos, hoyas hidrográficas, valles y cañadas se indican en el mapa, generalmente, por la posición de sus nombres así como por las condiciones de los suelos. Los riscos, cortes, depresiones, rellenos, botaderos de minas y lomos angostos y pendientes se muestran ya sea por medio de los símbolos estandar, o por otros medios convencionales que se describen en el texto.

Depresiones. — Las depresiones naturales o los hundimientos, como los que se encuentran tan corrientemente en áreas de calizas, se indican en las hojas de campo por medio de hachetas ó con los símbolos estándar.

Botaderos de minas. — Se usa el símbolo cuando no son de una extensión que justifique su inclusión en la leyenda del mapa como un tipo misceláneo de tierras.

Límites, marcas y monumentos

Los límites, marcas y monumentos que aparezcan en el mapa de suelos se indican por medio de los símbolos estándar o por medio de otros símbolos convencionales descritos en el texto.

Límites civiles. — Todos los límites civiles, ya sean Nacionales, Estadales o de condado, distrito, poblaciones, reservas (incluyendo los parques Nacionales o Estadales, bosques, monumentos y reservas para aves y caza, así como reservas indígenas, zonas militares o para faros), concesiones de tierras, cabildos (ciudades, pueblos o villas), parques y cementerios, se enseñan en el mapa por medio de su respectivo símbolo.

Como estos límites no pueden ser identificados en las fotografías aéreas en la oficina, el edafólogo debe localizarlos. Los linderos de monumentos y otras evidencias definidas de linderos civiles deben mostrarse ya que ello ayuda en la compilación del mapa.

Debe consultarse toda descripción importante, las notas de levantamientos y los planos de las líneas de linderos de importancia. Los datos sobre límites de Reservas Nacionales o Estadales pueden obtenerse de las oficinas principales antes de iniciar el trabajo de oficina. Los datos sobre subdivisiones civiles menores pueden obtenerse localmente durante el transcurso del estudio. Muchos linderos están oscuros o han sido borrados por causas naturales o por trabajos artificiales; algunos no fueron bien marcados cuando lo establecieron inicialmente y otros han perdido algunas de sus señales distintivas. La información obtenida de los vecinos locales puede ser valiosa y salvar mucho tiempo y esfuerzos en la búsqueda de linderos desaparecidos. Aunque su palabra no puede tomarse co-

mo autorizada sí constituye una información suplementaria a la de las fuentes oficiales.

Aunque las líneas establecidas en el terreno, como por ejemplo las que separan las secciones (x), pueden haber sido trazadas incorrectamente en el levantamiento original, se aceptan sin embargo, como líneas de facto que deben mostrarse en los mapas de acuerdo con su posición actual sobre el terreno. Aunque algunos de los planos de la Oficina de Tierras del Gobierno puedan mostrar que las secciones son regulares, puede ser que en el terreno se encuentre que son irregulares y es así como deben mostrarse en los mapas terminados, tan exactamente como sea posible, de acuerdo con su localización actual.

Algunos límites civiles han sido definidos en sus estatutos siguiendo límites naturales, tales como curso de agua o líneas divisorias entre hoyas de drenaje. Los linderos que siguen grandes ríos deben recibir atención especial, ya que pueden ser definidos en diferentes formas: por el centro de la corriente principal o por uno de los bancos. El Boletín 689 del Levantamiento Geológico de los Estados Unidos puede consultarse para los límites entre Estados. Aunque el edafólogo debe identificar la línea limítrofe sobre el terreno y luego enseñarla en el mapa, las condiciones del terreno algunas veces son inciertas o las líneas son indefinidas o no están marcadas. Por ejemplo, pueden caer en cursos de agua que tienen canales cambiantes o bancos difíciles de determinar. Puede ser también que la línea no haya sido aceptada por aquellos que viven de un lado u otro o por las autoridades competentes estadales o de condado; su ubicación puede estar en disputa o aún bajo litigio en las cortes. La localización de los linderos Estadales, por todo lo anterior, debe ser materia a la cual se debe prestar atención especial.

Los siguientes principios generales pueden ser útiles: (1) Una línea marcada sobre el terreno y aceptada por las autoridades competentes, es el límite real, a pesar de que en el estatuto diga (aparentemente) lo contrario. (2) Cuando la descripción de una orilla particular o de un punto en un curso de agua no está bien definida o es de difícil aplicación, deben buscarse las prácticas o reglas que se hayan seguido en el pasado. (3) Decisiones antiguas de la Corte Suprema han establecido que los límites se mueven cuando hay un movimiento gradual en los canales o bancos, pero no siguen los cambios violentos. Esta regla ha sido seguida en recientes decisiones. (4) Si un estatuto define una línea limítrofe que coincide con algún canal u otra parte de un río, la localización del río cuando el estatuto se hizo efectivo es la que debe gobernar, a menos de que haya habido un cambio gradual en su posición tal y como se ha indicado anteriormente. Cuando es necesario conocer la ubicación generalmente aceptada de un río en el pasado, por ejemplo cuando

(*) *N. del T.*: División del terreno en los Estados Unidos que tiene una milla por lado.

la ley que estableció el río como lindero Estadal fué promulgada, hay que referirse a aquellos planos de la Oficina General de Tierras que fueron levantados más o menos en la misma época. Cuando hay decisiones de la Corte Suprema éstas deben predominar, pero por otro lado son muy pocas las decisiones de la Corte que afectan el detalle requerido por los mapas de suelos.

Los linderos civiles deben verificarse antes de proceder al entintado, como precaución contra errores en la interpretación de copias de campos hechos a lápiz. En aquellos lugares en que líneas limítrofes de diferentes clases coinciden, debe darse preferencia al símbolo de la mayor subdivisión, excepto en casos en que se obtenga mayor claridad por medio de otro procedimiento. En donde es obvio que el límite político sigue una corriente o una carretera por corta distancia, el símbolo del lindero puede omitirse con el fin de evitar confusiones. En algunos casos sin embargo, se puede aumentar la claridad poniendo el símbolo del lindero (en rojo) inmediatamente a lo largo de la corriente o carretera.

Subdivisiones de los condados. — En los mapas de suelos se muestran las divisiones de condado (*) que son razonablemente permanentes tanto en carácter como en localización. Aquellas sujetas a cambios frecuentes por elección se deben excluir.

Líneas divisorias de tierras públicas. — (5) Para evitar confusión con otros rasgos culturales, las líneas de levantamiento de tierras públicas, se entintan en las hojas de campo con una línea fina negra o preferiblemente roja o verde, excepto en donde coinciden con ellas carreteras o canales. Las líneas divisorias municipales o de tierras de pastoreo se hacen un poco más gruesas.

Búsqueda de las esquinas de tierras públicas. — El tiempo que se debe dedicar a la determinación de esquinas dudosas está determinado por la regularidad probable de la red y la proximidad a esquinas ya encontradas. Entre menor sea la cantidad de información local que se tenga a mano, mayor es la necesidad de encontrar los amarres necesarios en el terreno. En aquellos distritos en donde se encuentra poca evidencia de líneas de secciones, se debe realizar una búsqueda diligente en el terreno para localizar las esquinas suficientes que permitan preparar una cuadrícula precisa, ya que muchas de las personas que utilizan los mapas de suelos se ubican a sí mismos en relación con las líneas que demarcan tierras públicas.

(*) *N. del T.*: Condado es en los Estados Unidos una subdivisión política de los Estados.

(5) Para descripción de sistemas de levantamiento de tierras públicas, puede consultarse a BEAMAN, W. M. TOPOGRAPHIC MAPPING. U. S. Geol. Survey Bul. 788:161-378, ilus. 1928.

En regiones en donde hayan pocas carreteras o líneas de sección, puede ser útil en la localización de esquinas, la utilización de un papel transparente en el cual se haya esbozado a escala de campo, un municipio típico o una red completa que cubra el área que va a ser levantada; este esbozo se hace tomando como base los mapas y notas de la Oficina de Tierras, y sirve como rastreador. Tan pronto como en la hoja de campo se localiza la primera esquina, el esbozo rastreador se pone en posición, indicando de esta manera la localización teórica de las esquinas; y entre más esquinas se localizan se hace cada vez más útil el rastreador para localizar las demás.

El edafólogo debe estar familiarizado con los sistemas de levantamiento rectangular de tierras y los inconvenientes que le son peculiares. La familiaridad con los mojones utilizados corrientemente para las varias clases de esquinas, sus marcas y el porte de los árboles más conspicuos, tanto como el conocimiento de la manera como las marcas hechas en los árboles se cubren de corteza, será de mucha utilidad tanto en la búsqueda de esquinas como en la determinación de su autenticidad cuando hayan dudas. Las esquinas de las tierras públicas que hayan sido ubicadas en el curso del trabajo de campo, se entintan en rojo con el símbolo correspondiente a esquinas ubicadas. Para el compilador de mapas es una ayuda más eficaz la localización de las esquinas que el dibujo de las líneas en sí.

Números de municipios y áreas boscosas. — Los números correspondientes a los municipios y a las áreas boscosas se colocan a lo largo del margen del mapa, opuestos al centro de cada municipio, con los números a la derecha e izquierda y los números de las áreas de pastoreo en los márgenes superior e inferior.

Estaciones de triangulación y estaciones de poligonal levantadas con teodolito. — Tanto las unas como las otras cuando han sido amarradas a una poligonal se indican en forma precisa en las hojas de campo con tinta roja, con el triángulo abierto y el símbolo de punto. En las fotografías aéreas se muestran tal y como ya se ha explicado en la discusión sobre control horizontal en las aerofotografías.

Puntos de referencia de nivel. — No se enseñan en las hojas de campo ya que sus posiciones no han sido determinadas geodésicamente. Los cartógrafos de campo deben distinguir con claridad entre las estaciones de triangulación, las estaciones de poligonales levantadas con teodolito y los puntos de referencia de nivel. Las figuras 16 y 17 muestran las placas estandar usadas por el Levantamiento Geodésico y Costas y por el Levantamiento Geológico de los Estados Unidos respectivamente.

Símbolos especiales

En los grabados 5 y 6 se muestran varios símbolos especiales usados en mapas de suelos. La mayoría de ellos se destinan a áreas de fases de suelos o de tipos misceláneos de tierras demasiado pequeñas para deslindar y que sin embargo son suficientemente extensas para influenciar el uso y manejo del suelo en forma significativa. Las definiciones de estos tipos y fases de tierras se dan en las secciones apropiadas.

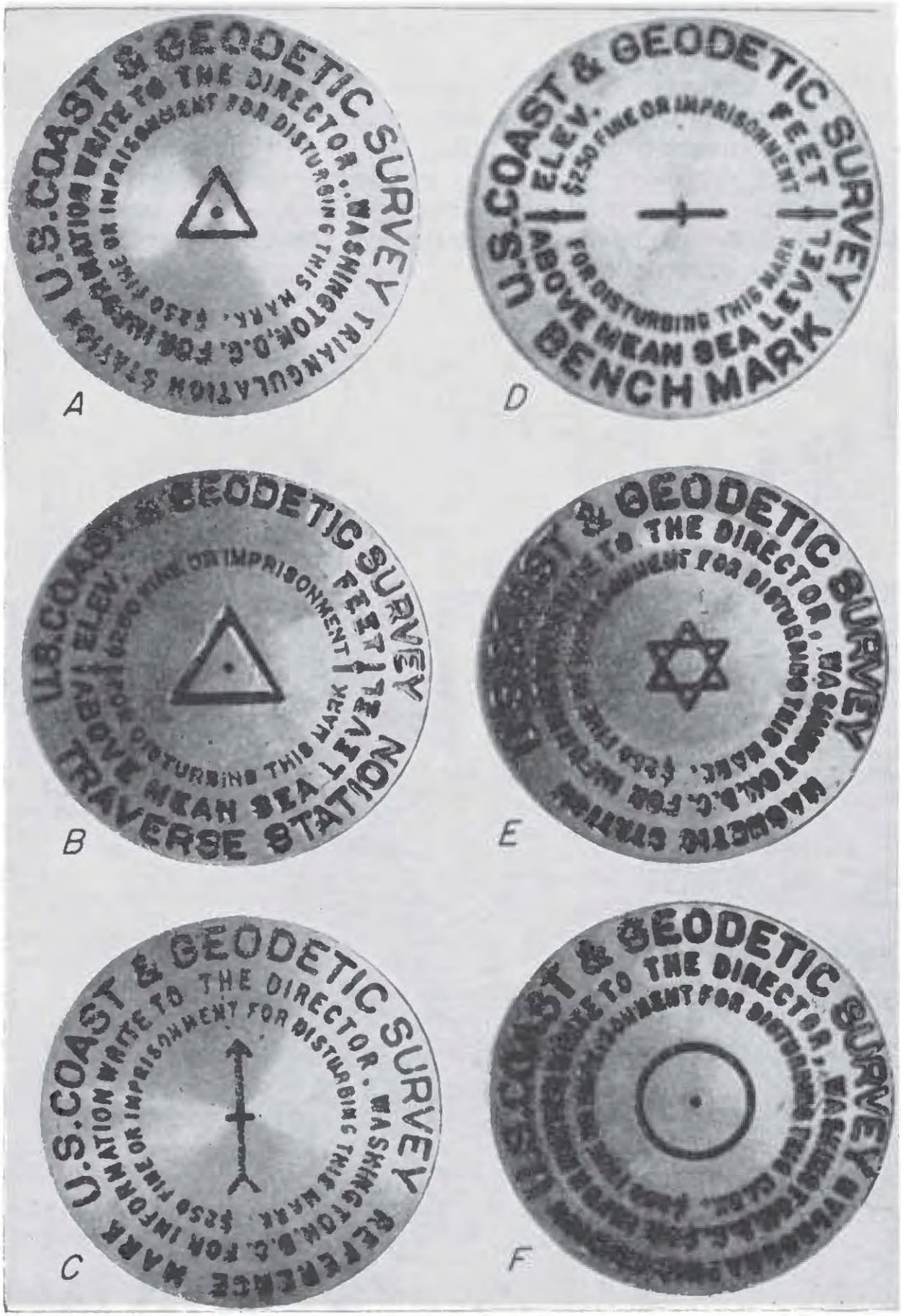


Fig. 16. — Placas stándard para estaciones, utilizadas por el Levantamiento Geodésico y de Costas de los Estados Unidos: A) placa para estaciones de triangulación; B) para estaciones de poligonal; C) marca de referencia; D) punto de referencia de nivel; E) marca para estación magnética, y F) marca para estación hidrográfica. (Cortesía del Levantamiento Geodésico y de Costas de los Estados Unidos.)

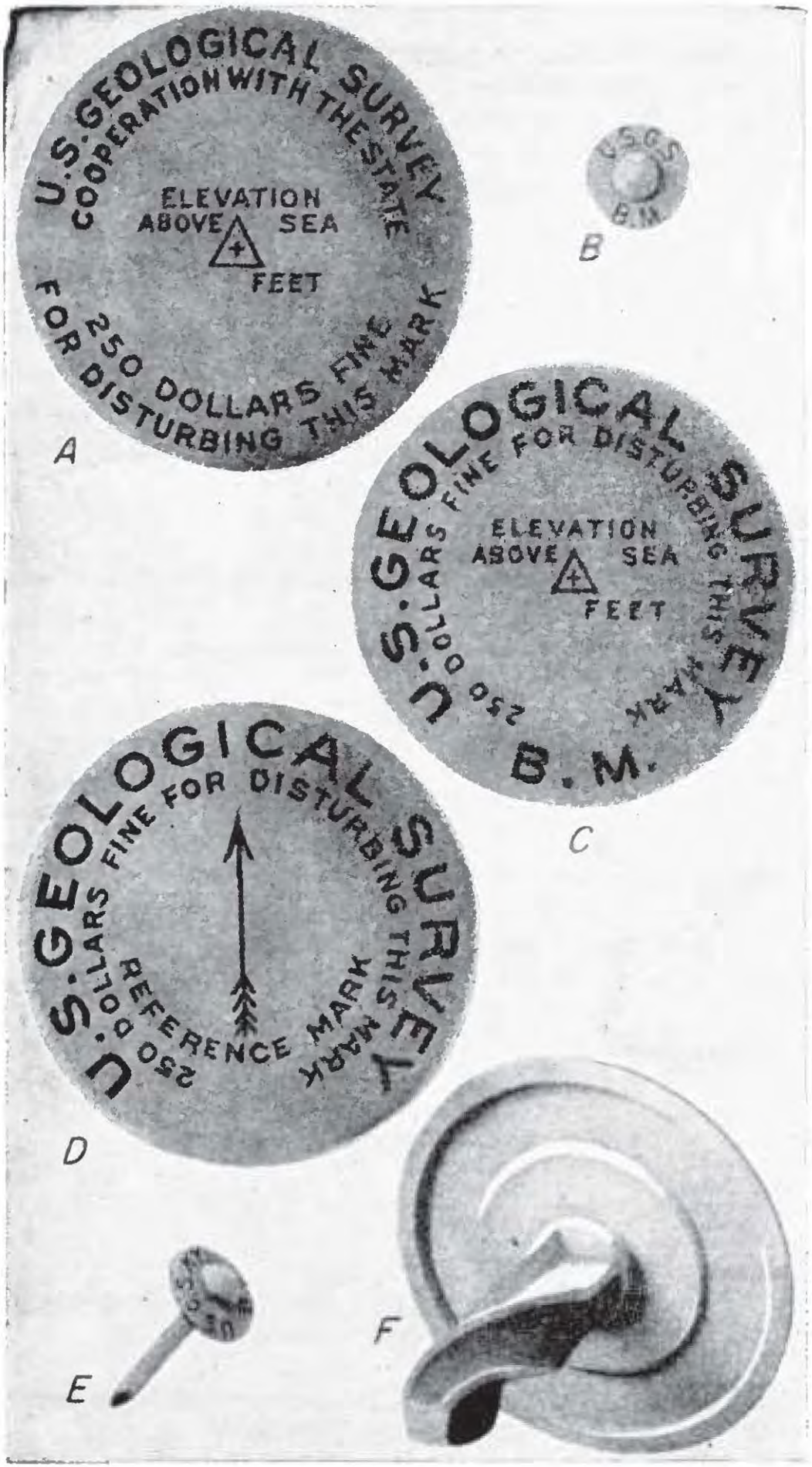


Fig. 17. — Marcas utilizadas por el Levantamiento Geológico de los Estados Unidos: A) para triangulación o poligonal de teodolito (marca "TTR" y numerada); C) marca para cota de nivel, la cual puede más tarde utilizarse como estación para poligonal de teodolito, para lo cual se marca "TTR" y se numera. D) Placa de referencia para triangulación, con flecha indicadora hacia la estación. B) y E) son mrcas de cobre temporales usadas para puntos de referencia de nivel. F reverso de las placas A, C o D.
(Cortesía del Levantamiento Geológico de los Estados Unidos.)

Los símbolos para áreas pequeñas deben definirse en términos de las hectáreas representadas por cada símbolo. El área varía de mapa a mapa, según la variación de la escala, intensidad del uso de la tierra y el propósito del mapa de suelos. A continuación sigue una lista de los nombres de los símbolos y los rasgos que ellos identifican:

Nombre del símbolo	*Rasgos*
Afloramiento rocoso	Pequeña área de roca matriz expuesta.
Pedregosidad	Para pequeñas áreas con fase pedregosa: a) pedregosa; y b) muy pedregosa.
Grava o granzón	Pequeña área de tipo gravoso.
Fragmentos de pedernal	Area pequeña de tipo de pedernal.
Manchas de arcilla	Mancha arcillosa expuesta.
Cerro-testigos de arcilla	Pequeño cerro testigo de arcilla —remanente de una superficie vieja— como los cerrillos arcillosos en miniatura de las "Badlands".
Mancha de suelo pegajoso costroso	Area pequeña de suelos Solonetz o de Solo netz solidizado truncado.
Mancha de arena	Pequeña área de material muy arenoso.
Colada de lava	Area pequeña o grande de lava prácticamente desnuda. (Unicamente a usar en la leyenda de estudios de reconocimiento).
Tierra artificial	Pequeña área de rellenos, etc.
Tierra barrida por el viento (Blow out)	Pequeña área de suelo truncado profundamente por el viento.
Erosión eólica moderada	(Ver la sección titulada Fase del Suelo).
Erosión eólica severa	Idem.
Montecillos eólicos	Pequeñas áreas en donde hay montecillos de materiales acarreados por el viento.

Suelo cubierto	(Ver la sección titulada Fase del Suelo).
Erosión laminar moderada	Idem.
Erosión laminar severa	Idem.
Erosión por cárcavas, moderada ..	Idem.
Erosión por cárcavas, severa	Idem.
Cárcava	Usase en donde las cárcavas individuales se muestran a escala. (Véase la sección sobre Erosión Acelerada).
Manchas no erosionadas	Usase en áreas pequeñas de suelos no erosionados rodeados de zonas mayores de suelos erosionados.
"Kitchen midden"	Antiguos botaderos de basuras de pueblos prehistóricos, muy pequeños para delinear.
Manchas húmedas	Areas muy pequeñas de suelos las cuales tienen drenaje de imperfecto a muy pobre y que tienen por lo menos una clase de drenaje más baja que el área dentro de la cual se encuentran.
Zonas de suelo afectadas por sales o álcalis: Mancha salina	Area salina de suelo muy pequeña para que sea delineada en el mapa.
Afectada fuertemente	(Véase la sección que trata sobre Estimación y Cartografía de Sales y Alcalis en el Suelo).
Moderadamente afectada	Idem.
Ligeramente afectada	Idem.
Libre de efectos tóxicos	Idem.
Localización de muestras y número de referencia	Punto y número de referencia.

Los nombres lugareños

La determinación precisa de los nombres de los rasgos físicos y culturales es muy importante para el levantamiento de suelos porque ello contribuye a una mejor orientación de áquellos que hacen uso de los mapas. Deben seleccionarse los nombres que identifiquen adecuadamente todos los rasgos prominentes. En aquellas áreas en donde estos rasgos están muy diseminados, es importante identificar los rasgos menos prominentes con el fin de que hayan suficientes nombres que permitan una buena orientación. En un área rural aislada, por ejemplo, un almacén o un rasgo similar que bajo otras condiciones no tendría importancia, debe señalarse con su nombre. Por otro lado, los nombres que no ayudan en nada al lector para su orientación, deben omitirse.

Nombres lugareños que deben mostrarse. — Los nombres de los siguientes rasgos deben mostrarse en las hojas de campo:

Ciudades, villas y otras formas de poblamiento.
Oficinas rurales de correo y estaciones de ferrocarril.
Escuelas rurales.
Iglesias rurales.
Estaciones y subestaciones experimentales.
Haciendas ganaderas aisladas y refugios que sean referencias importantes en zonas de escasa población.
Instituciones públicas importantes como universidades, colegios y hospitales.
Ferrocarriles (de vapor o eléctricos); además de mostrar el nombre del ferrocarril, es útil dar el nombre del ramal -línea o división con el fin de que pueda ser totalmente identificado.
Carreteras (úsese el número de identificación).
Puentes, "ferries", vados.
Senderos directos.
Rutas principales de vapores en lagos y ríos.
Canales y zanjas grandes, acueductos.
Faros, buques faro y estaciones salvavida.
Cementerios y parques grandes, si lo permite la escala.
Aeropuertos y campos de aterrizaje.
Minas, canteras, exploraciones y pozos petroleros aislados.
Hornos y fundiciones aislados.
Divisiones políticas.
Reservas.
Características hidrográficas.
Rasgos prominentes del relieve.
Manantiales, pozos y tanques, especialmente en las regiones áridas en donde ellos son de importancia vital.

Determinación de los nombres correctos. — El edafólogo debe usar los mejores mapas que estén a su alcance como guía en cuanto a los nombres de los lugares. Los nombres que se encuentran en

mapas publicados de acuerdo con las normas nacionales para mapas, han sido controlados y editados cuidadosamente de modo que se puede asumir que están correctos. Para algunos rasgos pueden también utilizarse con ventaja algunos otros mapas de menor precisión. Todos los nombres deben controlarse en general mientras se está trabajando en la región.

Cuando no se disponga de mapas de referencia, o cuando la escala mayor del mapa de suelos requiera poner nombres de rasgos que no aparecen en mapas publicados previamente, el edafólogo debe tener mucho cuidado en la determinación de los nombres de los rasgos así como de su escritura correcta; al efecto, puede obtener información de los vecinos del lugar. Generalmente es mejor consultar varias fuentes de información y si al hacerlo se encuentran discrepancias, entonces se deben consultar los tribunales locales. Los ingenieros de la localidad, así como los topógrafos, usualmente constituyen una fuente confiable de información. Los nombres que resultaren dudosos se anotan y se envían a la Junta de Nombres Geográficos de los Estados Unidos para que ella decida.

Lista de los nombres lugareños. — No se necesita una lista completa de todos los lugares del área; lo único necesario es una lista de los lugares cuyos nombres estén en duda. Lo más importante es que los nombres aparezcan en las hojas de campo en la relación apropiada con los rasgos a que se refieren. Algunas veces la interpretación de los nombres de las corrientes de agua puede ser confusa a menos que sus nombres se coloquen correctamente.

Rotulación

La nitidez y la legibilidad de los rótulos es tal vez más importante en los mapas de suelos, que en la mayoría de los demás mapas, debido a que en ellos se enseña gran número de clases de suelos junto con muchos rasgos físicos y culturales y porque se usan mucho copias fotográficas de las hojas de campo. Se usan tantos símbolos de suelos y nombres locales que el detalle se vuelve confuso, a menos que las inscripciones estén hechas en forma nítida, legible y estén bien colocados. Todo edafólogo debe aprender el arte de escribir a pulso.

El edafólogo debe usar para las inscripciones un estilo caligráfico simple y natural, que le permita una escritura rápida y consistente (Lámina 9). Deben evitarse los estilos de "fantasía" o "artísticos". Entre los muchos estilos, el de un solo trazo, ya sea inclinado o vertical es el que llena mejor las necesidades de los edafólogos. La forma de hacer letras y números en este estilo es muy parecida a la usada en la escritura ordinaria, se adapta a pequeños espacios y se puede condensar o expandir sin afectar la legibilidad; además es fácil y rápida de hacer.

En la figura 18 se muestran letras de un solo trazo inclinado: mayúsculas, minúsculas y números, así como sugestiones en cuanto al orden de hacer los trazos. En la ilustración, la dirección de los trazos está indicada por medio de flechas y su sequencia por medio de números. Tanto las letras inclinadas como las verticales se forman de la misma manera. Es bueno formarse el hábito de seguir tanto la dirección de los trazos como su secuencia, tal y como se sugiere en la ilustración.

Con la práctica se adquiere habilidad. El lápiz debe sostenerse en la misma forma que cuando se escribe y los trazos se hacen con un movimiento continuo y parejo. Las líneas verticales o inclinadas se hacen con un trazo hacia abajo, y las horizontales con un trazo de izquierda a derecha. La inclinación de las letras debe ser uniforme. La mejor pluma a usar es una de punta fina y firme; las plumas suaves son muy flexibles. Debido a que la tinta a prueba de agua se seca rápidamente, la plumilla debe limpiarse frecuentemente con una tela o con una gamuza.

Las letras deben formarse y espaciarse en forma adecuada. Cuando las letras se hacen bien, tienen diferentes anchos. Por ejemplo, la W ocupa más espacio que la I o la J. Cuando se inscriben símbolos y nombres, las letras deben espaciarse en tal forma que se vean con claridad y en la posición que les corresponde. Con la práctica se adquiere la habilidad de espaciar las letras bien y de calcular el espacio que una palabra o símbolo puede requerir.

El alineamiento de los símbolos y palabras en forma más o menos horizontal y paralela, aumenta notablemente la legibilidad de la hoja de campo. Bajo igualdad de condiciones, los nombres de los rasgos naturales se ponen horizontalmente.

Los símbolos de los suelos deben colocarse tan en el centro del área delineada como ello sea posible. Cuando las áreas de suelos son grandes y de forma irregular, es útil colocar más de un símbolo con el fin de que el área sea facilmente identificable. Cuando una área es tan angosta que impide colocar el símbolo en forma horizontal, éste debe colocarse dentro del área ya sea en forma inclinada o vertical. Los símbolos fuera del área indicados con una flecha, únicamente se usan cuando es absolutamente necesario.

Una práctica cartográfica corrientemente utilizada es la de usar mayúsculas, o mayúsculas y minúsculas, verticales o inclinadas, para designar clases específicas de rasgos físicos o culturales. En la cartografía de suelos es útil ajustarse a estas reglas dentro de las limitaciones impuestas por el sistema de letras de un solo

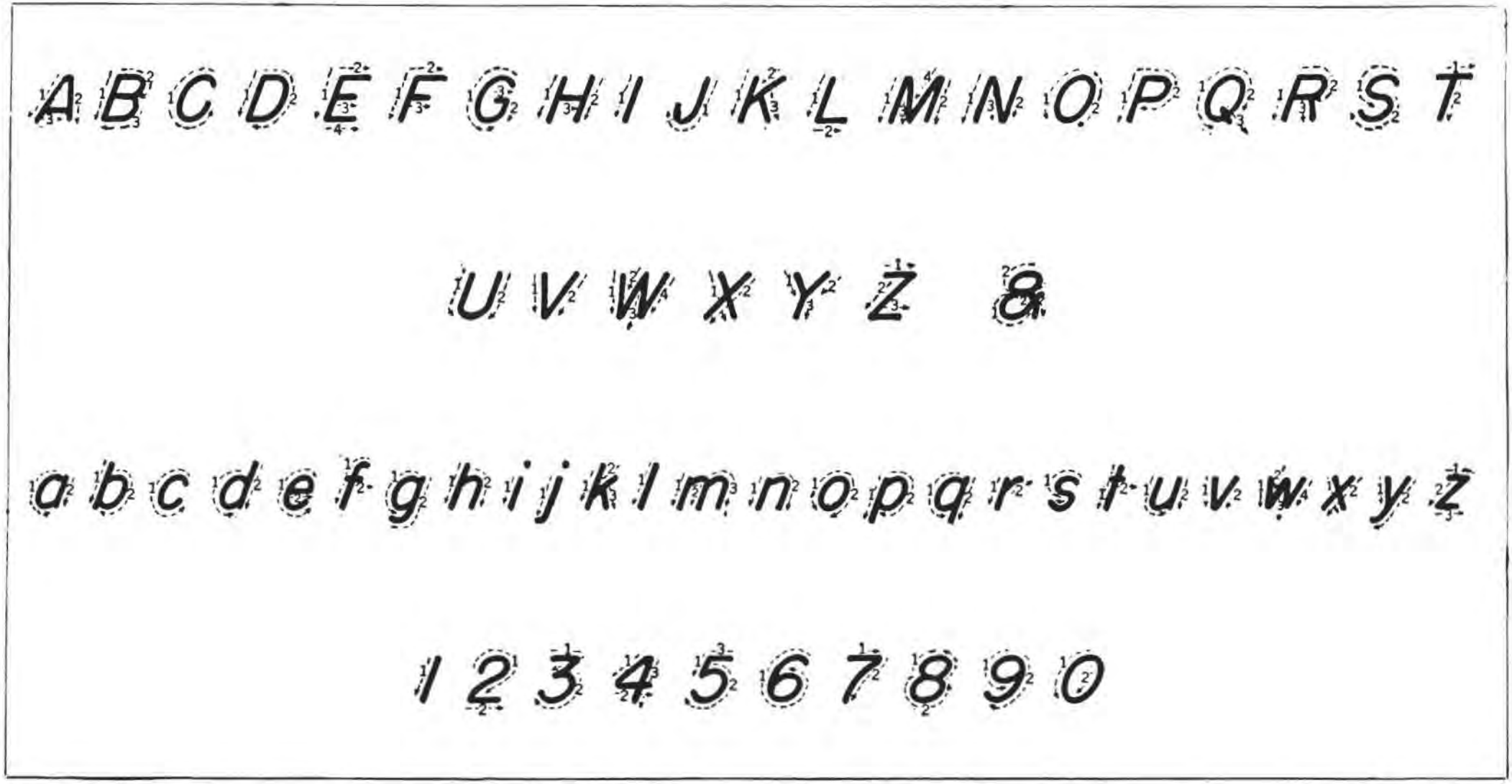


Fig. 18. — **Orden y dirección de trazos sugeridos para usar en las inscripciones a pulso utilizadas en las hojas de campo.**

trazo. Las normas para las hojas de levantamiento de campo son las siguientes:

Rasgos	*Forma de la inscripción*
Divisiones políticas y ciudades de más de 2.500 habitantes	Vertical, en mayúsculas.
Pueblos y villas con menos de 2.500 habitantes.	Vertical, en mayúsculas y minúsculas.
Características hidrográficas mayores, ríos de doble línea, grandes lagos y embalses	Inclinadas, en mayúsculas.
Características hidrográficas de menor cuantía, corrientes pequeñas, tributarios, quebradas, lagos y lagunas	Inclinadas, en mayúsculas y minúsculas.
Rasgos físicos mayores, cadenas montañosas, valles	Verticales, en mayúsculas.
Rasgos físicos menores, colinas, morros, hondanadas	Verticales, en mayúsculas y minúsculas.
Rasgos culturales, ferrocarriles, líneas de alto voltaje, puentes, aeropuertos, universidades, cementerios	Inclinadas, en mayúsculas.
Símbolos de suelos	Inclinadas o verticales, letras mayúsculas o minúsculas, así como los números, todo de acuerdo con las normas adoptadas para el estudio.

Revisión de las hojas de campo

Para llenar los requerimientos modernos la mayor parte de los levantamientos de suelos requieren gran cantidad de detalle. Deben levantarse y dibujarse con exactitud líneas intrincadas entre tipos y fases de suelos; además, los rasgos culturales y de drenaje deben indicarse con claridad.

El edafólogo debe siempre tener en mente que, a pesar de su conocimiento de los suelos y de su capacidad para clasificar y localizar áreas de suelos en el terreno, el éxito del trabajo depende de la legibilidad; los resultados de sus investigaciones deben ser fácilmente comprensibles para muchas otras personas. Desde luego que

siempre son inevitables algunas omisiones y errores, pero un jefe competente los debe mantener a un mínimo.

Es esencial revisar los datos en forma cuidadosa y controlar y unir apropiadamente una hoja de campo con la otra. Para realizar esto en forma precisa, es necesario que el edafólogo conozca dónde y en qué forma estos descuidos pueden más frecuentemente ocurrir; de esta manera puede concentrar su inspección y revisar ahí en donde hay más posibilidades de error.

Errores comunes. — La revisión de una gran cantidad de hojas de campo ha mostrado que los errores más comunes, por orden de frecuencia, son los siguientes:

1. Empate incorrecto entre aerofotografías.
2. Faltas en el cierre de las líneas de suelos.
3. Areas sin símbolos o con símbolos dudosos que no aparecen en la leyenda.
4. Interpretación incorrecta de los rasgos culturales y de drenaje.
5. Nombres lugareños incorrectos.

Las diferencias en la unión de aerototografías sucede tal vez con más frecuencia en las esquinas en donde se unen más de dos. Las fallas más comunes se ilustran en la figura 19. En el traslado de aerofotografías adjuntas hay diferencias en escala así como en tonalidad; por esto a menos que se utilice un método sistemático, pueden cometerse errores cuando se entintan hojas trabajadas a lápiz. Para evitar tales errores unas cuantas sugestiones pueden ser de utilidad.

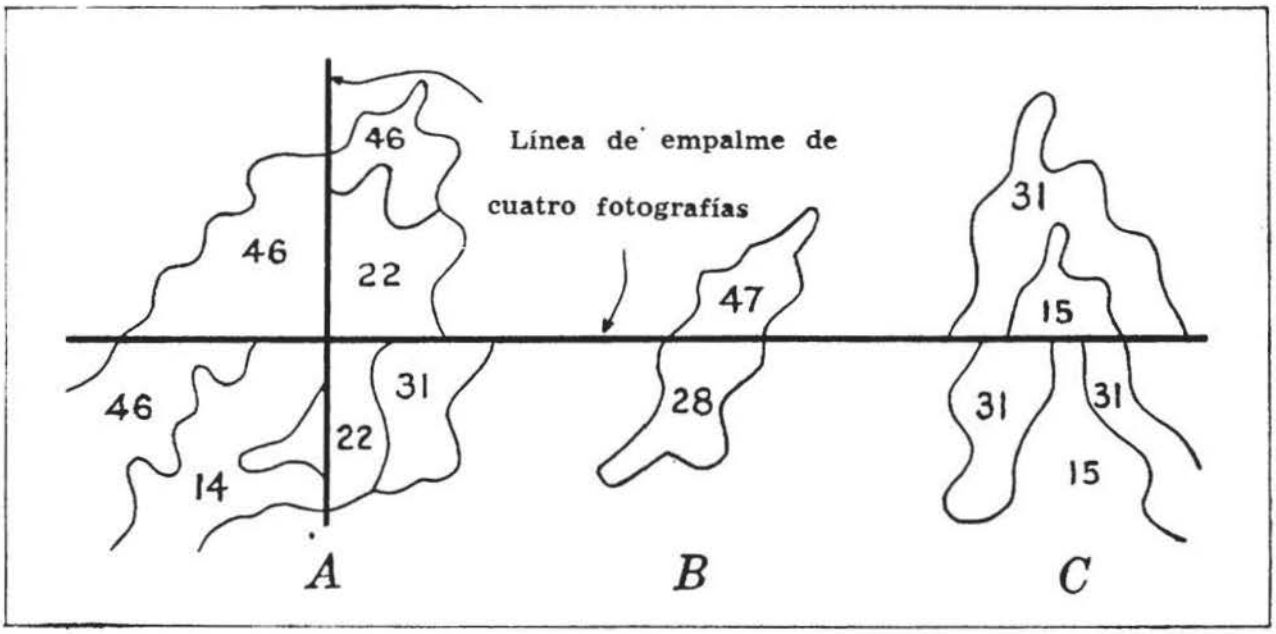


Fig. 19. — **Ejemplos de fallas en la unión de aerofotografías: A, las esquinas no se unen; B, los linderos se unen pero los símbolos no corresponden; C, los símbolos corresponden, pero no los linderos.**

1. Antes de comenzar el levantamiento deben trazarse las **líneas** de unión en todas las fotografías.

2. Las líneas de unión deben ser rectas por trechos largos si es posible, o en su defecto, seguir rasgos marcadamente definidos, tal como carretera o ríos prominentes.

3. Los linderos de unión deben transferirse por relación con rasgos físicos que puedan identificarse sobre la fotografía, más bien que tomando en cuenta únicamente la escala. Pueden seleccionarse algunos rasgos que se encuentran muy próximos a la línea de empate en las hojas por terminar, los cuales se pueden ubicar en la hoja adyacente en tal forma que el lindero puede continuarse. Esto se puede hacer en forma rápida y precisa por medio del estereoscopio.

4. Hasta donde sea práctico, debe usarse únicamente el centro de las aerofotografías con el fin de evitar distorciones a lo largo de los márgenes.

5. Algunas de las dificultades cartográficas pueden evadirse transfiriendo las líneas de suelos y los símbolos de las hojas terminadas a las contiguas, pero a menudo esta es una mala práctica. Por medio del estudio de las diferencias de levantamientos en las márgenes, el jefe del levantamiento tiene una buena oportunidad para controlar la consistencia del levantamiento hecho por varios miembros del equipo. Muchos jefes de levantamiento evitan el dar a los individuos grupos de fotografías completos; precisamente teniendo en cuenta ésto. Cuando se dispone el trabajo en tal forma que los linderos de unión queden ubicados cerca de las carreteras, las diferencias pueden ajustarse con mayor facilidad. Este sistema tal vez conduce a un trabajo mayor, pero por medio de él se llega más cerca del ideal de desarrollar un mapa de suelos preciso y consistente.

Un error común lo constituye la falta de cierre de áreas clasificadas. En la figura 20 se muestran algunos ejemplos típicos de fallas en el cierre de líneas de suelos, las cuales dejan una total incertidumbre en cuanto a la clasificación.

Para evitar errores en el cierre de líneas, es mejor entintar individualmente primero, tanto el drenaje como los rasgos culturales. Luego se delínean las áreas de suelos con tinta; se debe cerrar completamente cada área y se le debe poner su símbolo antes de proceder con la siguiente.

Las áreas sin símbolos o con símbolos dudosos o incorrectos se presentan en varias formas: puede cerrarse un área sin su sím-

bolo; puede aparecer el símbolo en una hoja de campo y no en la leyenda y finalmente las enmendaduras hechas a la ligera así como las incripciones con mala caligrafía pueden conducir a que el símbolo sea ilegible. El incluir en una lista cada nuevo símbolo que se usa elimina la posibilidad de que aparezcan símbolos en las hojas de campo que luego no aparecen en la leyenda. Cuando sea necesario el uso de un símbolo nuevo, cuya utilidad resulte temporal, debe inmediatamente consultarse el caso con el jefe del estudio para que éste lo apruebe o no. Si no es aprobado, el símbolo temporal debe ser reemplazado antes del entintado. Esto debe aplicarse estrictamente no solo al simple uso de letras y números utilizados en combinaciones, sino también a las combinaciones de letras y números usados para identificar áreas individuales de suelos.

La ilegibilidad se reduce a un mínimo cuando se tiene práctica y cuidado en la rotulación, cuando se juzga en forma apropiada la colocación de los símbolos y cuando se borra y se reentintan los borrones en forma cuidadosa. Un número 91 hecho a la ligera, puede leerse 11, 71 o 77. No deben corregirse errores escribiendo sobre los símbolos equivocados.

La interpretación incorrecta de los rasgos culturales o de drenaje pueden reducir en forma seria la exactitud de los mapas de

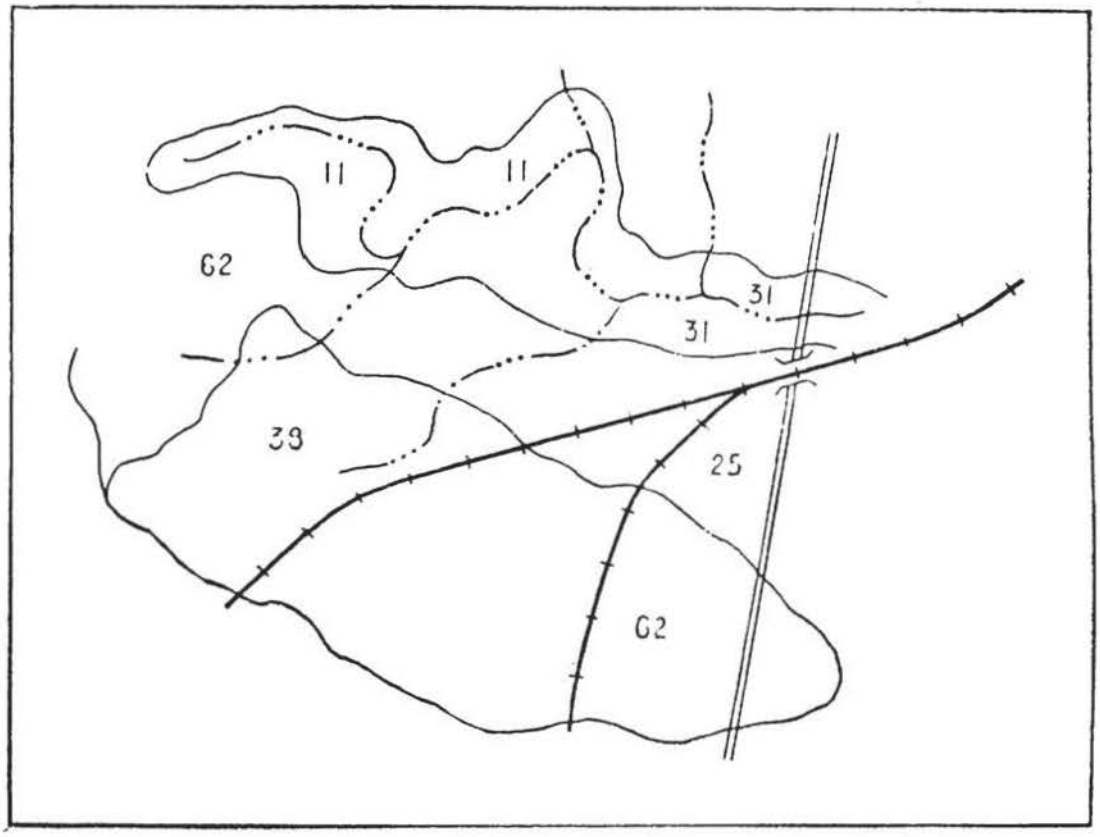


Fig. 20. — **La omisión de linderos de suelos causa errores sumamente serios.**

suelos. En la figura 21 se muestra cómo la posición de un riachuelo y de una torre de vigilancia forestal fueron interpretados erróneamente debido a lo cerrado de un bosque y al tono oscuro de una aerofotografía. Las líneas gruesas indican la posición verdadera de esos rasgos, mientras que las líneas débiles indican la posición en que fueron cartografiados. Debido a que las líneas de suelos se localizaron en relación con estos dos rasgos sobresalientes, el resultado fué una clasificación incorrecta de los suelos del área; y el ajuste necesario afectará los linderos de los suelos de zonas adyacentes. Si se hubiera hecho un estudio cuidadoso de las aerofotografías con el estereoscopio, se hubiera evitado este error. Estos casos pueden reducirse mucho por medio de una cuidadosa observación en el campo, un estudio y comprensión de la interpretación fotográfica por el edafólogo y por medio del uso efectivo del estereoscopio. Si la disposición del drenaje se esboza a lápiz en las aerofotografías, antes de comenzar el levantamiento y por medio del estereoscopio, ello servirá continuamente como un medio de orientación en aquellas áreas de densos bosques o de terreno

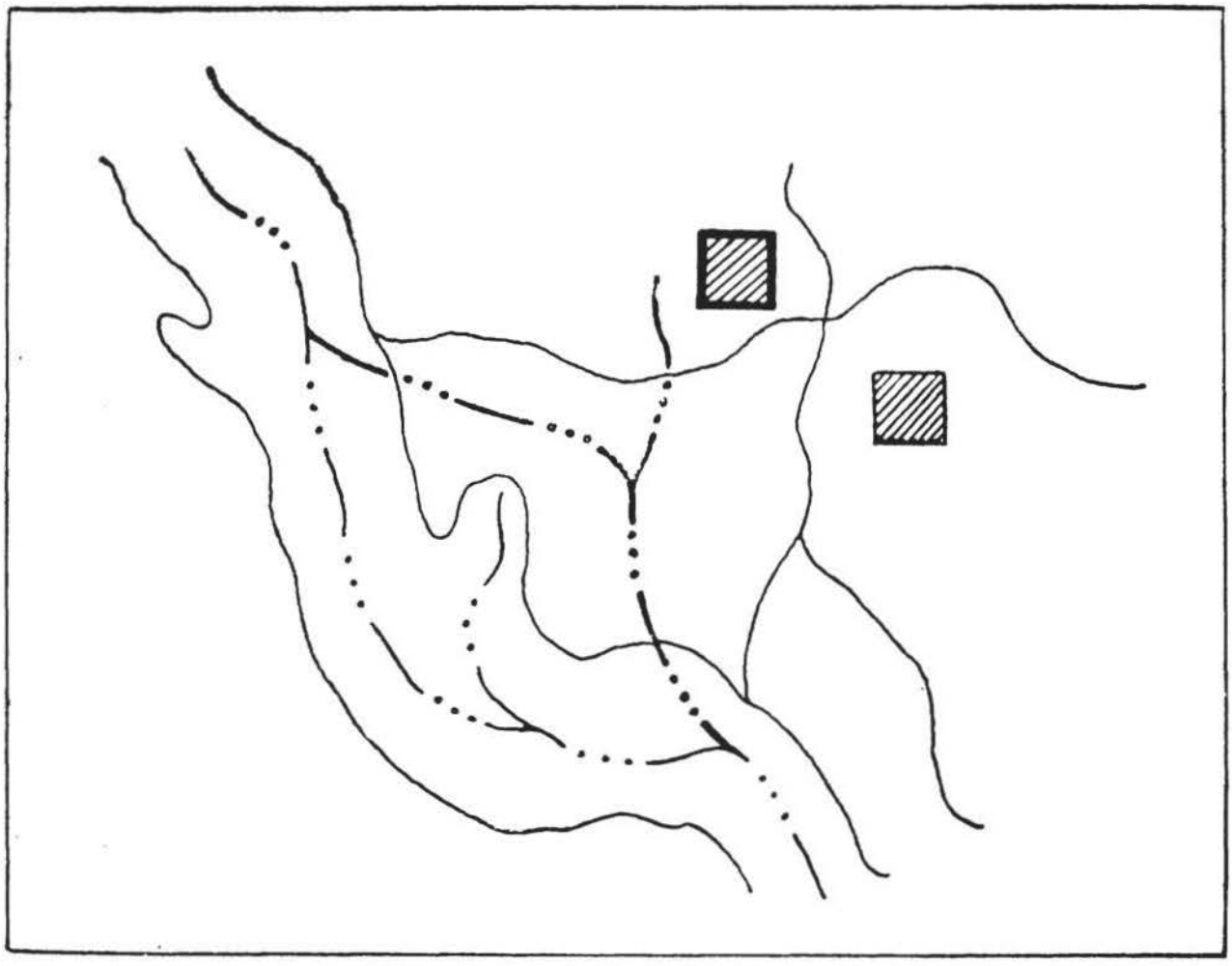


Fig. 21. — **Debido a lo cerrado del bosque, la posición de una torre de vigilancia forestal y un riachuelo (líneas suaves) se interpretaron erróneamente en relación con su posición verdadera (líneas gruesas). En consecuencia, otras características de drenaje y linderos se encuentran en posición errada.**

muy irregulares. En la figura 22 se muestra cómo la colocación de nombres geográficos a menudo conduce a confusión.

Cartas de Remisión. — Debido a que el trabajo de campo y oficina necesario para completar y publicar un levantamiento de suelos se extiende por un período de tiempo considerable y que las hojas de campo deben enviarse de una oficina a otra, es importante que se lleve un registro completo de todo el material enviado. Aunque lleva un tiempo largo el controlar y enlistar un gran número de aerofotografías y otras hojas de campo, ello debe ser hecho. Los envíos deben incluir una carta de remisión en la que se especifique el material. Tales listas pueden adjuntarse a la carta de envío, con copias en cada paquete.

Para las aerofotografías debe darse el código, rollo y los números individuales; las hojas topográficas deben enlistarse por su nombre y a las hojas de plancheta se les debe asignar un número. A otros tipos de mapas se les incluye por su nombre o asignándoles un número para su identificación. El material suplementario tal como leyendas e índices fotográficos debe también especificarse.

Al recibirse material en cualquier oficina debe inmediatamente revisarse contra la lista de remisión y se debe acusar recibo. Cualquier discrepancia que haya debe averiguarse de inmediato de modo que el material extraviado se pueda localizar.

Instrucciones especiales. — Todo el material remitido debe ir acompañado por un mapa índice en el cual se muestre la ubicación de las hojas individuales y la relación de una con otra. Los índices fotográficos son ideales para aerofotografías. Si no se tienen

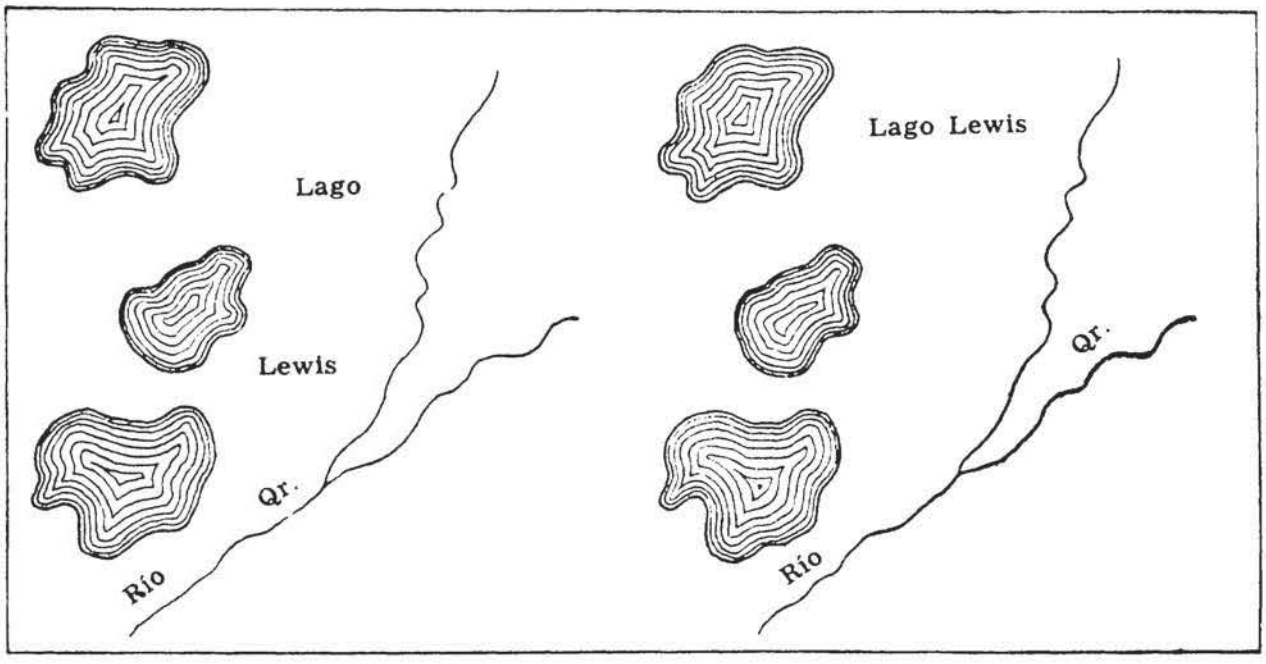


Fig. 22. — **Colocación de nombres geográficos: a la izquierda, ubicación de un nombre** que conduce a confusión; a la derecha, ubicación apropiada.

se puede hacer uno que sirva a propósito, dibujando en un mapa adecuado la línea central aproximada de vuelo y mostrando en ella los números de las fotos a lo largo de tal línea en relación con el centro de las totos.

Para hojas topográficas u otros mapas base, se puede hacer un índice adecuado sobre un mapa del área a escala pequeña, sobre el cual debe marcarse el número del cuadrángulo o algún número o letra que sirva para identificarlos.

El material tratado con capas transparentes, ya sean aerofotografías u otro material base, se marca de la misma manera que el material base. Cuando se envían con el material base se debe hacer una declaración específica de que tal material se incluye. Si se hacen correcciones o agregados en conjuntos separados de mapas, estos deben numerarse o identificarse tal y como se hacen con las hojas en las cuales van los datos de suelos; además se deben marcar en forma clara, poniéndoles un rótulo que diga "hojas de corrección".

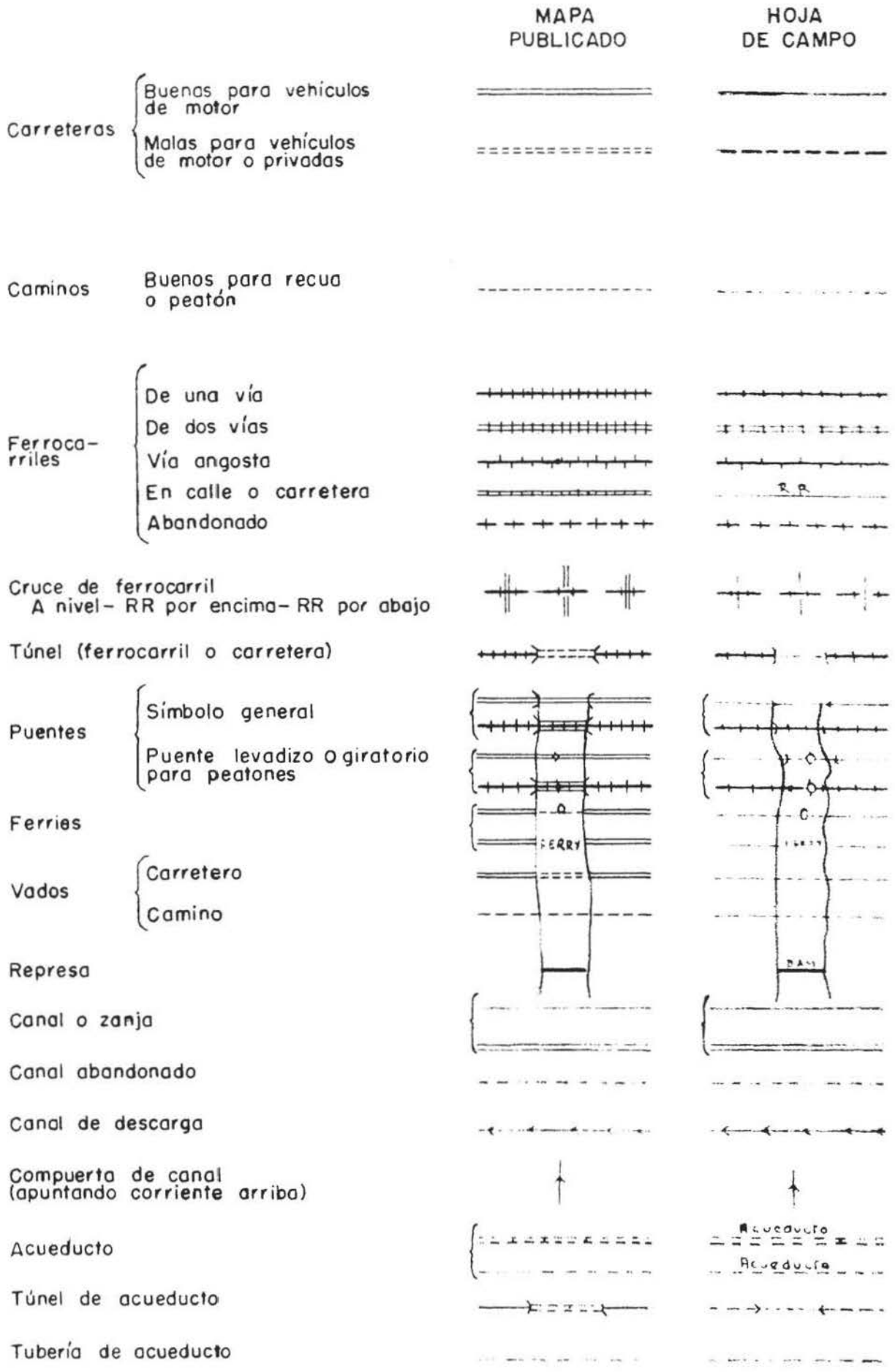
Para ayudar en la localización de hojas específicas y en la revisión de material, los materiales distintos deben estar en orden. Las aerofotografías se codifican por medio de símbolos secuentes, número de rollo, y número del cuadro. Otros materiales base se arreglan ya sea por número o por nombre.

Datos marginales. — Cada hoja de campo debe llevar el nombre del área o distrito, el estado, la fecha del estudio y el nombre o nombres de los edafólogos, si es que hay más de uno responsable por el levantamiento de la hoja particular. Deben indicarse los nombres de los que hayan entintado o revisado los datos; debe mostrarse la escala de las hojas de campo. Comunmente el único lugar en que se pueden poner notas completas es en el reverso de las hojas. Cuando se las puede poner en el frente, debe ponérselas en tal forma que aparezcan en las copias totográficas de las hojas de campo. En el frente deben ponerse por lo menos y en forma que no oscurezcan los números de la fotografía, tanto la fecha como las iniciales del edafólogo.

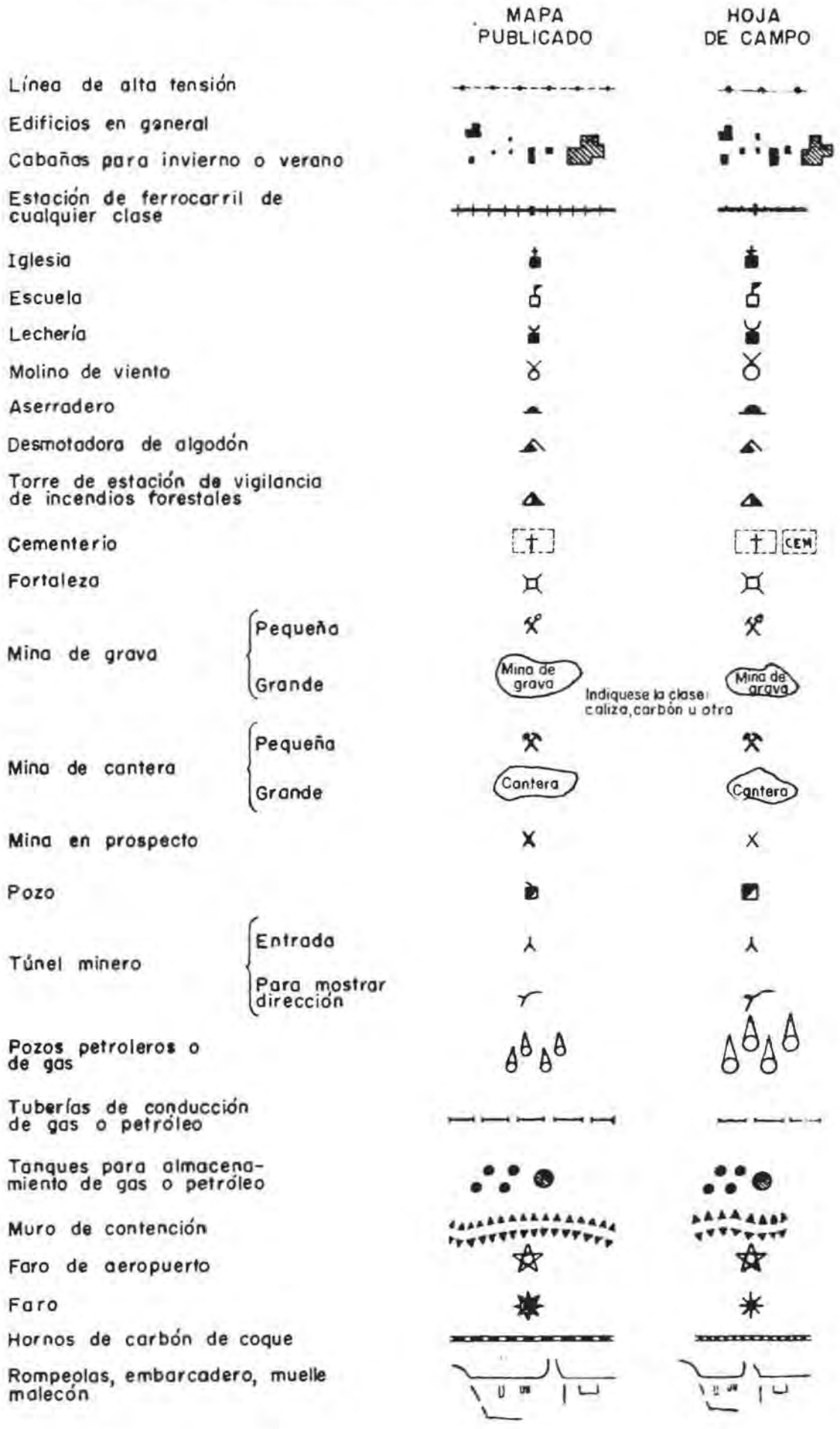
En los letreros marginales de los mapas publicados deben aparecer los nombres completos de las agencias que cooperan, el nombre de su jefe o director y el nombre del edafólogo jefe del levantamiento estadal. Se deben mostrar, asimismo los nombres de los edafólogos tanto estadales como federales que participaron en forma significativa en el estudio.

(Para más detalle en la preparación del mapa base, véase: SWANSON, L. W. TOPOGRAPHIC MANUAL PART II. U. S. Coast and Geod. Sur. Spec Pub. 249, 570 pp., ilust. 1949.)

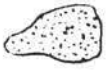
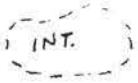
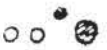
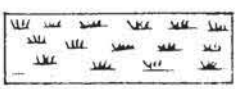
OBRAS Y ESTRUCTURAS



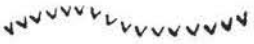
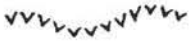
OBRAS Y ESTRUCTURAS.- CONTINUACION



DRENAJE

	MAPA PUBLICADO	HOJA DE CAMPO
Corrientes permanentes		
Clasificación preliminar, anterior al estudio de campo		
Corrientes intermitentes:		
Cruzable con maquinaria agrícola		
No cruzable con maquinaria agrícola		
Sin clasificar		
Cataratas y rápidos		
Drenaje probable, sin reconocer		
Lago o laguna en general		
Lago o laguna intermitente		
Nacimiento de agua		
Pozos o tanques de agua		
Pozos artesianos		
Sitio húmedo		
Pántano o ciénaga (pequeñas áreas aisladas)		
Ciénaga (áreas grandes, con pastos o bosques		
Ciénaga de marea (manglares) (de agua salada o fresca)		
Ciénagas sumergidas		

RELIEVE

	MAPA PUBLICADO	HOJAS DE CAMPO
Acantilado no rocoso		
Acantilado rocoso		
Montes o picos montañosos prominentes		
Dolinas y depresiones: Fáciles de atravesar en operaciones de cultivo		
Difíciles o imposibles de atravesar en operaciones de cultivo		
Con agua la mayor parte del tiempo		
Arenales lavados (arenales de río)		
Botaderos de mina		
Dunas arenosas (tierra dunosa)		

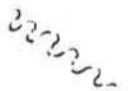
LINDEROS, SEÑALES Y MOJONES

	MAPA PUBLICADO	HOJAS DE CAMPO
Línea limítrofe Nacional, Estadal o Provincial		
Entre Distritos		
Entre municipios		
Línea para Reservas (indígenas u otras)		
Concesiones de tierras		
Ciudades, Villas, pueblos		
Cementerios, parques pequeños, etc.		
Línea municipal		
Línea de sección (división de tierras en los Estados Unidos)		
Esquinas de municipios y secciones, localizadas		
Lindero de monumentos		
Punto de triangulación o estación de poligonal base	△	△
Marca permanente de elevación (y altura)	BM x 1232	BM. 1232 x
Marca suplementaria de elevación (y altura)	x 1232	x 1232
Cualquier estación u objeto localizados (con acota explicatoria)	⊙	⊙
Localización de calicatas principales (no se publica)		(S)

SIMBOLOS ESPECIALES

	MAPA PUBLICADO	HOJAS DE CAMPO
Afloramiento rocoso		
Pedregosidad — Pedregoso		
Pedregosidad — Muy pedregoso		
Grava		
Fragmentos cuarzosos		
Mandra de arcilla		
Montículo arcilloso		
Gumbo o punto pelado (Solonetz solodizado truncado)		
Punto de arena		
Colada de lava		
Tierra artificial		
Barrido por el viento (Blowout)		
Erosión eólica moderada		
Erosión eólica severa		
Médanos		
Suelo cubierto por materiales acarreados por el viento		
Kitchen midden		

SIMBOLOS ESPECIALES.- CONTINUACION

	MAPA PUBLICADO	HOJAS DE CAMPO
Areas con sales solubles o álcali:		
Afectadas fuertemente	A	A
Afectadas moderadamente	M	M
Afectadas ligeramente	S	S
Libres de efecto tóxico	F	F
Localización de muestra y número de referencia	.26	.26
Punto salino	+	+
Punto no erodado	U	U
Erosión laminar moderada	S	S
Erosión laminar severa	SS	SS
Erosión por cárcavas, moderada	G	G
Erosión por cárcavas, severa	GG	GG
Erosión laminar y por cárcavas moderada	SG	SG
Cárcavas:		
No cruzables con maquinaria agrícola		
Cruzables con maquinaria agrícola		

ESTILOS DE LETRAS A USAR EN LAS HOJAS DE CAMPO

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ&

abcdefghijklmnopqrstuvwxyz

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

Deben rotularse con letras verticales, a pulso, ciudades, pueblos, iglesias, escuelas, haciendas de ganado, nombres de distrito o estados, provincias o departamentos, reservaciones, números de sección, concesiones de tierras, y divisiones políticas. También para cerros, montañas, mesetas, valles, penínsulas, islas y otros rasgos geográficos naturales.

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ&

abcdefghijklmnopqrstuvwxyz

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

Deben rotularse con letras inclinadas, a mano libre, las obras de utilidad pública como ferrocarriles, canales, carreteras nacionales, túneles, puentes, represas, instituciones, minas, campos, zanjas, tuberías, pozos y todas las características hidrogeográficas como océanos, bahías, golfos, lagos, lagunas, ríos, cursos de agua, fuentes, cataratas, pantanos y glaciares.

MUESTRAS DE HOJAS DE CAMPO USANDO FOTOGRAFIAS AEREAS

Los tres cuadros siguientes, con dos páginas cada uno, ilustran el uso de las aerofotografías como base de mapas originales de suelos, o sea como hojas de campo. Las Nº 9, A; 10, A y 11, A, son aerofotografías de paisajes sumamente contrastantes. Las láminas 9,B; 10,B y 11,B son las mismas aerofotografías con los mapas de suelos originales trazados sobre ellas en el campo. Estas láminas ilustran la aplicación de varios principios tratados en diferentes partes de este **Manual,** incluyendo el entintado de varios símbolos en rojo y negro y el de las líneas de unión en verde. Se puede apreciar que algunas líneas de suelos coinciden con otros límites, naturales o no. Obsérvese también como varían los puntos de referencia de que dispone el edafólogo para orientarse. Todas las unidades de suelos que se muestran en los mapas originales fueron identificados por medio de observaciones sobre el terreno mismo, incluyendo el examen de perfiles.




574
76
574
373
370
574 HB
374 R
374
635
76
502
605
502
574
76
674
374
574
636
635
674
574
936 R
936 R
574
574 HB
373
574
674
76
RIVER




87 A-1
88 A-1
362 AB-1
363 AB-1
361 AB-1
88C
1638-1




II, B; CVX-58-125
1GN
1A-1⑦
3GN
2A-1⑦
2RA
5B-1
2RA
5B-1
3GN
3B-2⑦
3W
B-3B
3W
B-3B
4GN
1A-1⑦
3GN
3B-2⑦
5
1W
B-3B
4
1W
B-3B
1W
B-3B
3
B-3B
3
B-3B

LEYENDA DE LA LAMINA 9, A y B

Esta constituye una muestra de fotografía y hoja de campo pertenecientes a una zona característica de agricultura general de la parte este del Medio Oeste Condado Bartholomew, Indiana; la escala es aproximadamente de 1: 20.000. Los suelos son zonales y pertenecen al grupo Podzólico Pardo-grisáceo. A la par de los tipos y fases de estos suelos, hay tipos de los grupos Gley-Húmicos y Aluviales. Unicamente parte de la disposición de los tonos claros y oscuros en los campos, corresponden a los linderos entre Podzólicos Pardo-grisáceos y Gley-Húmicos. Los suelos se han desarrollado de materiales de relleno de valle glacio-fluviales del Pleistoceno, parcialmente cubiertos por aluvión más reciente y algunos materiales finos acarreados por el viento. El relieve va de casi a nivel a suavemente ondulado. En general, el drenaje es bueno; algunos de los linderos separan fases de pendiente. Los suelos son utilizados para una mezcla de agricultura general, en unidades de tamaño medio. Los cultivos principales en los suelos Aluviales son el maíz y la soya. En esta zona hay una gran cantidad de puntos locales de referencia como casas, árboles aislados, cercas, curvas de carretera y linderos de lotes boscosos, todo lo cual ayuda al edafólogo a mantenerse siempre ubicado. Sin embargo, puede notarse que los linderos de los suelos Aluviales bajos (todos aquellos cuyos números terminan con 73, 74 ó 76) no coinciden con los del bosque a lo largo de las corrientes. Hay una duna de arena baja en la parte noroeste del mapa, la cual no aparece en forma clara en la fotografía (área mostrada con el número 605 en el mapa).

LEYENDA DE LA LAMINA 10, A y B

Muestra de fotografía y hoja de campo pertenecientes a una zona en donde hay bosques y agricultura, en el Condado Franklin, New York, la escala es aproximadamente 1: 20.000. El terreno es de ondulado a pendientes suaves. Los suelos zonales son Podzoles, pero los suelos dominantes del área son los Grises Hidromórficos y los Gley-Húmicos mal drenados. La gran zona de bosques tiene suelos provenientes de materiales arenosos de origen marino, con drenaje pobre y muy pobre. Los terrenos desforestados se usan principalmente en campos largos; únicamente se ara un 10% anualmente. Estos suelos se desarrollan en "drift" de la parte superior de la glaciación de Wisconsin, de bajo relieve. La fotografía fue tomada en septiembre, cuando el suelo estaba húmedo y los contrastes de color entre ellos eran mínimos. Se puede observar que hay pocos puntos de referencia para orientación en la zona boscosa. Dentro de ésta los suelos se encuentran dispuestos en forma tan intrincada que se les incluyó en un complejo definido tomado como unidad cartográfica. Ni siquiera se pueden distinguir las líneas que separan el uso de la tierra en las partes desforestadas. Aunque esta fotografía es muy útil como base, es un ejemplo de fotografía de la cual es muy poco lo que se puede interpretar en forma correcta en la oficina en cuanto a suelos.

LEYENDA DE LA LAMINA 11, A y B

Muestra de fotografía y hoja de campo en una región semiárida, desnuda de árboles, de suelos Sierozem. Condado de Utah, Utah. La escala es aproximadamente de 1: 16.000. En la parte baja de la derecha de la fotografía, se puede apreciar en forma clara un diseño de una gran área irregular de suelo pendiente erodado, desarrollado a partir de un remanente de una terraza vieja del Lago Bonneville. En la parte superior izquierda se puede apreciar fácilmente una zona de suelo gravoso, de poca profundidad, pendiente el cual aparece en un tono más oscuro. En todo lo demás, los diseños de la fotografía no dan indicios confiables acerca de los linderos de los suelos y por lo tanto éstos deben determinarse "escarbando".

EXAMEN Y DESCRIPCION DE LOS SUELOS EN EL CAMPO

En los levantamientos de suelos hay dos elementos esenciales que necesitan investigación intensiva de campo: (1) la descripción completa de las unidades cartográficas y (2) la localización y dibujo de los límites de suelos Antes de discutir con detalle las muchas partes individuales que entran en las descripciones de las unidades de suelo —esto es, las descripciones que sirven como bases fundamentales para la identificación de los suelos, su clasificación e interpretación, generalmente debemos revisar el problema del desarrollo de una leyenda completa.

Después de decidir la realización del levantamiento de suelos de un área, se debe preparar un plan de trabajo que establezca la escala del mapa, los métodos generales a usar, los nombres de los científicos del equipo y su organización, arreglos administrativos para el transporte, materiales y servicio de laboratorio y todo lo demás, junto con descripciones completas de los usos que tendrán los resultados del campo, hasta donde ellos puedan ser anticipados, y de todos los mapas disponibles, datos de suelos, y fotografías aéreas. En donde cooperen dos o más organizaciones investigadoras para el levantamiento deben definirse sus relaciones.

Antes de que se efectúe la mínima delineación de suelos en el campo, debe prepararse una leyenda descriptiva, tan completa como sea posible, incluyendo todas las separaciones de suelos y todos los símbolos que aparecerán en el mapa de suelos, exceptuando los símbolos estándar dados en las láminas 1 a 5. Dicha leyenda debe ponerse a la disposición de cada miembro del equipo de campo. El primer deber de un jefe de levantamiento de un área nueva, es la preparación de dicha leyenda, la cual por lo menos, debe tener las descripciones esquemáticas de las unidades cartográficas. A medida que progresa el trabajo, especialmente en una región nueva y no desarrollada, debe revisarse esta leyenda de vez en cuando.

Al entrar al área que va a ser estudiada, el jefe del levantamiento debe explorarla en forma completa a fin de tener un cuadro general de los suelos, geología, vegetación y agricultura. Cuando sea posible, esta exploración debe efectuarse en compañía del edafólogo supervisor y los representantes de agencias agrícolas locales y estadales. Frecuentemente, sin embargo, es necesario que el jefe de levantamiento realice este trabajo bajo su propia responsabilidad. El debe desde luego, buscar la ayuda de cualquier edafólogo competente e interesado, que esté disponible dentro del área en referencia.

Es útil para el jefe de levantamiento llegar al área antes que sus ayudantes, de modo que pueda familiarizarse con los suelos, recoger los datos preliminares, preparar una leyenda de campo y planear el programa de trabajo. Para alcanzar este fin debe tener primero en su mente en forma clara, los objetivos del estudio. Su misión será determinar la forma en que las unidades cartográficas

y otros rasgos puedan definirse y mostrarse en el mapa, en forma clara y definida, sin simplificar demasiado por un lado y sin detallar excesivamente por el otro. Primero debe determinar las unidades cartográficas y los símbolos que aparecerán en el mapa e informe correspondiente. Luego estas unidades deben ser examinadas cuidadosamente en varios lugares y deben describirse con claridad. Es deseable que todas las unidades de suelo sean examinadas y descritas anticipadamente antes de pasarlas al mapa. En donde ésto resulte impráctico, todas las principales unidades de suelo, junto con las secundarias, pueden ser definidas, en una parte del área, dejando la determinación de las otras para más tarde, a medida que progrese el trabajo.

En donde una zona no estudiada edáficamente se encuentra adyacente a áreas ya levantadas, deben buscarse en ella ejemplos representativos de tipos de suelo ya establecidos y descritos. Puede aprovecharse lo más posible cualesquiera mapas de suelos o informes disponibles dentro de la misma región general o regiones parecidas de otras partes del país. Usualmente, el jefe de levantamiento encontrará muy útil el establecimiento de una pequeña biblioteca de trabajo, con informes de suelos y libros o boletines que describan la geología, vegetación y agricultura del área.

LA CLASIFICACION EN LA LEYENDA DE CAMPO

El establecimiento de una leyenda para un levantamiento detallado de suelos requiere en primer lugar la identificación y definición de todas las unidades taxonómicas individuales series, tipos y fases de suelo. Estos son conjuntos de características edáficas que se determinan en áreas representativas. No puede identificarse ningún tipo o fase, tomando en cuenta únicamente uno o dos rasgos, sin embargo, un tipo o fase puede haber sido separado de un tipo o fase de suelo similar, únicamente sobre la base de una de dos diferencias (1). Muchos fallan en apreciar esta distinción. La composición de los suelos en nuestras mentes se hace por comparación. Hasta que llegamos a comparar los suelos de zonas ampliamente diferentes climáticas y biológicamente, a menudo fallamos en apreciar cuantas características pueden tener en común la mayor parte de los suelos de una localidad.

En un levantamiento detallado de suelos deben establecerse suficientes unidades taxonómicas -conjuntos de características edáficas- para permitir en el proyecto un reconocimiento claro y la identificación de cada área significativa. Las características en cada conjunto no son fijas sino que se permite alguna desviación con

(1) Se puede separar una fase del tipo de suelo típico u otra fase del mismo tipo de suelo sobre la base de una diferencia en un sólo rasgo, tal como la pendiente, pero una fase en un tipo se separa de una fase en otro tipo de suelo sobre la base de un conjunto de características.

respecto a la norma o patrón central. Al establecer estas variaciones permisibles, no se puede permitir a ninguna característica una desviación tan grande como para que la naturaleza fundamental de la unidad como paisaje de suelo, difiera significativamente de lugar a lugar, en morfología, génesis o comportamiento bajo uso. Ni se puede fijar variación en cualquier característica en forma más estrecha de lo que es significativo en cuanto a la unidad total. En el estado actual de la ciencia del suelo, por lo menos, es imposible establecer reglas cuantitativas generales para las características individuales, debido a que la influencia de cualquier característica o el cambio en cualquiera de ellas, afecta las otras que forman el conjunto. Esto es, con una combinación en el perfil de minerales arcillosos, bases intercambiables, textura y estructura y con una forma dada de terreno, las variaciones de pendiente dentro del conjunto deben mantenerse dentro de límites estrechos, digamos entre ½ y 2% de pendiente. Con otras combinaciones de características, la variación de pendiente puede ser de 3 a 7%, 3 a 10%, 30 a 50% o cualquiera otra mayor. Pequeñas diferencias en contenido de arcilla son críticas en algún conjunto de características y no en otros. Lo mismo puede decirse de cualquier característica de los horizontes en el perfil. Las combinaciones arbitrarias de "factores aislados" están destinadas a conducir a resultados absurdos.

En la definición de las unidades de suelo debemos confiar en la experiencia y juicio al seleccionar oscilaciones o variaciones permisibles para cualquier conjunto de características. Debe llenarse el propósito práctico del mapa de suelos y los suelos morfológicamente distintos deben separarse.

Las unidades de suelo individuales, deben ser suficientemente homogéneas a fin de que permitan hacer aquellas predicciones diferenciales acerca de su comportamiento y uso que los principios y datos de la ciencia del suelo nos permitan hacer. Debemos ir más lejos hacia variaciones más estrechas en las características, **únicamente en donde la sana evidencia científica muestre que tales predicciones diferenciales pueden ser esperadas después de nuevas investigaciones.** Cualquier clasificación que sea establecida en el campo, debe ser sometida a prueba continuamente por el jefe del levantamiento edáfico, en relación con los resultados de otras investigaciones y la experiencia de los que usan la tierra. Las separaciones innecesarias reducen el valor de un mapa.

Como los métodos para medir las características del suelo son refinados, con experiencia en el campo, el edafólogo puede establecer y reconocer continuamente variaciones más pequeñas en las características del suelo. Debemos evitar establecer variaciones más estrechas simplemente porque nuestros métodos lo permitan. Es casi un error tan malo dividir tipos o fases de suelos en unidades no diferentes significativamente la una de la otra, como incluir dos

unidades significativamente diferentes, inadvertidamente, en una sola. Aún más, es importante situar los límites entre las unidades en los lugares de mayor significación en relación con el conjunto total de características del suelo. Tenemos, como simple ilustración la pedregosidad: permítasenos suponer que áreas de un tipo de suelo son similares en todas las características diferenciales excepto en pedregosidad y que las variaciones de pedregosidad se extienden desde un grado bajo, en el cual el suelo se puede cultivar, hasta un alto grado, en donde no puede ser cultivado. En la definición de fases o subdivisiones de este tipo de suelo, el punto principal de separación debe ser el lugar crítico sobre el cual la tierra no puede ser cultivada y bajo el cual lo puede ser. En otro tipo de suelo esta diferencia puede que no tenga significación y que sea innecesaria debido a que otras características la hagan inadecuada para cultivo, sin necesidad de considerar la pedregosidad. Sería un error tan grande definir la pedregosidad en forma meticulosa y estrecha en el segundo ejemplo, como sería omitir la subdivisión en el primero.

Las clasificaciones de suelo poco detalladas, comunmente se deben a que el correlator de suelos, el jefe del levantamiento o ambos, han fallado en encarar el trabajo de clasificación. Muchos tienen una verdadera tentación de evadir el esfuerzo mental requerido. Una manera común de eludir el problema de la clasificación es la de establecer clases arbitrarias de ciertas características de suelo, tales como textura, estructura, color y otras junto con profundidades arbitrarias, clases de pendiente, erosión acelerada y pedregosidad y luego permitir que las combinaciones de ellas caigan en donde sea. El edafólogo puede levantar los hombros y decir: "Nosotros reconocemos los hechos". Pero el trabajo del científico no es únicamente el de recoger hechos. Este debe recoger los hechos **importantes** y presentarlos en forma tal que sean fácilmente interpretados. Ese es el propósito de la clasificación. Los detalles de los análisis de suelo y la morfología se registran en el libro de notas, no en el mapa. Entre la descripción detallada y el mapa reside el problema de la clasificación de suelos. Bajo un esquema inventado para evitar la clasificación, si se seleccionan intervalos de clases, que muestren diferencias significativas en las características del suelo en donde la diferencia permisible en esa característica es la más estrecha, el intervalo seleccionado será ciertamente mucho más estrecho, de lo que es significativo para aquellos lugares, en donde la variación significativa es más amplia.

El resultado final es un enorme número de unidades separadas, arbitrariamente definidas (indefinidas realmente como suelos y aún algunas veces identificadas únicamente con símbolos numéricos locales sin nombres que los aten al sistema corriente de clasificación), la mayoría de los cuales no son en realidad significativamente diferentes de una o más unidades. En la aplicación de

tal esquema, a pesar del gran número de separaciones -tal vez 2.000 en donde un sistema apropiado de clasificación solo requería 150- algunas de ellas serán todavía demasiado heterogéneas para hacer predicciones prácticas, ya porque los intervalos arbitrarios de clase para algunas características edáficas no son suficientemente estrechos en algunos casos, o debido a que han sido excluídas características pertinentes sólo en parte de las unidades. Tal esquema conduce inevitablemente a una deficiente cartografía. Una cosa es cierta y es que las líneas de suelos pueden ser delineadas con precisión únicamente si caen en lugares significativos del paisaje. Además, si los edafólogos tienen un número grande de límites, es más difícil situarlos exactamente que si el número es menor y las delimitaciones son realmente significativas.

Como se explica en detalle en capítulos posteriores, cada característica separada observada en un horizonte de suelo -como color, estructura, textura y pH- debe ser descrita en notas con términos estandar para intervalos de clase. Hasta donde sea posible, se deben usar términos estandar para cualidades inferidas, aunque tales cualidades no puedan ser combinadas arbitrariamente en tipos de suelo y otras unidades de clasificación sin significado. El lector notará que algunas clases de intervalos tienen variaciones ligeramente flexibles de modo que puedan ser acomodadas a conjuntos especificados de características del suelo. Ocasionalmente, los intervalos de clase para características únicas necesitan ser subdivididos; a menudo dos o más deben ser combinados.

El suelo normal. — En primer lugar el clasificador necesita estudiar las relaciones entre los perfiles de suelo en su área y las combinaciones varias de factores ambientales-pendiente, material originario, forma de la tierra, vegetación, clima y todo lo demás. Estas relaciones se aprenden por comparación. Como patrón general de comparación debe definir, si es posible, el suelo normal (o suelos). En el sentido en que se usa aquí, un suelo normal es uno que tiene un perfil en equilibrio o casi en equilibrio con su medio, desarrollado bajo drenaje adecuado pero no excesivo, de material originario de composición mineralógica, física y química mezcladas y que exprese los efectos completos de las fuerzas del clima y la materia viva (2). Los representantes típicos de los grandes grupos de suelos zonales son suelos normales. Si el área a estudiar edáficamente cae dentro de una región climática y fisiográfica principal, un suelo normal puede servir de patrón para el área completa; de otro modo cada región distinta dentro del área debe ser considerada separadamente.

El suelo normal (o zonal) puede que no sea el más productivo ni el más extenso. Desde luego, no siempre se encuentran ejem-

(2) Desde luego se puede decir que cada suelo es "normal" en el sentido de refleja su propia historia.

plos de suelos normales ni siempre se encuentran dentro del área de estudio. Todos los suelos pueden ser jóvenes, como en las llanuras fluviales activas, o húmedos como en las ciénagas, o extremadamente calcáreos o muy quebrado, o porque debido a alguna otra combinación de características, no ha ocurrido el desarrollo de suelos zonales. En tal área de estudio todos los suelos pertenecen a grupos intrazonales o azonales. Aún en tales áreas es útil estudiar las regiones climáticas similares y representarse mentalmente lo que pudieran ser los suelos zonales si el paisaje y condiciones adecuadas a su formación hubieran estado presentes.

Frecuentemente varios tipos de suelo de un área pueden todos ocupar posiciones normales; sin embargo pueden variar de uno a otro en aspectos significativos. Con esto se quiere decir que varios tipos de suelo pueden satisfacer todos los requerimientos que definen los suelos normales y pertenecer al gran grupo de suelos zonales y aún haber sido desarrollados de diferentes mezclas de materiales originarios, la naturaleza de los cuales se refleja significativamente en los suelos respectivos. En tal situación, uno puede definir el suelo normal estimado -por medio de una abstracción ordenada de las características de aquellos presentes en el grupo.

Un concepto de trabajo del suelo normal, aún en áreas de estudio que carezcan de uno, puede ser un patrón de mucha utilidad para el estudio y arreglo ordenado de los otros suelos y para comprender su morfología y génesis.

Selección de áreas muestra. — La localización de áreas muestra debe dirigirse hacia un propósito básico: el establecimiento de un patrón para cada unidad contra el cual otras unidades de suelo pueden ser comparadas. Debe ponerse énfasis en que las fases de los tipos de suelo pueden ser definidas con exactitud y puedan establecerse únicamente en relación con patrones definidos para los tipos de suelo. La descripción de algunos suelos incluye también los efectos de procesos tales como la deposición de limo sobre suelos arenosos sometidos a riego con aguas lodosas, o inundados con aguas de corrientes alimentadas por glaciares, la erosión de laderas pendientes, o los efectos de grandes residuos de pastos en los suelos podzólicos. Aún más, la descripción debe ser objetiva y las condiciones observadas deben separarse claramente de las predicciones de cambio que se espera puedan resultar de procesos activos.

Los exámenes de perfiles de suelo pueden hacerse durante el levantamiento en cortes de caminos, pero los exámenes detallados para descripciones del tipo (y especialmente para muestras de suelo importantes) no deben hacerse en tales lugares a menos que los cortes sean muy recientes y frescos. La exposición del suelo en un corte de carretera al congelamiento y descongelamiento y al humedecimiento y secado, conduce a grandes cambios en su estructura. Pueden acumularse capas de polvo sobre la superficie a lo

largo de las carreteras; en tierras boscosas, la mayor intensidad de luz a lo largo de las carreteras favorece el crecimiento de pastos y otras plantas herbáceas que cambian el carácter de los horizontes superiores del suelo. Algunas veces el material usado como relleno en la superficie de rodamiento, es altamente calcáreo y cambia el pH de las capas superiores de suelos podzólicos, después de lo cual tienen lugar otros cambios.

Una vez que se ha seleccionado un sitio representativo para la determinación de un tipo, se hace una excavación que se extienda a través del solum y al material originario. Es necesario que la excavación tenga por lo menos una pared lisa que sea suficientemente ancha para mostrar en forma clara el perfil completo.

Es importante que esta pared esté tan uniformemente iluminada como sea posible y que la excavación sea suficientemente grande para permitir un examen del suelo en toda su profundidad.

Con suelos Podzoles hidromórficos, Tundra, Solonetz-solodizado, suelos que se hunden (self-swallowing soils) y otros suelos que tienen un microrrelieve bien desarrollado, es útil hacer una zanja que permita hacer una descripción exacta a través de la parte hundida o baja y del cúmulo.

Unidades cartográficas. — Después de establecer las unidades taxonómicas, se definen las unidades cartográficas. En un levantamiento detallado de suelos la mayor parte, pero no todas las unidades taxonómicas -tipos de suelo y fases de los tipos- son también unidades cartográficas. Aún cuando los suelos se delimitan en fotografías aéreas de gran escala, por ejemplo 1: 20.000 ó 1:10.000, el arreglo de algunas unidades taxonómicas puede ser demasiado intrincado para que se pueda mostrar con exactitud y claridad. Estas áreas intrincadas deben combinarse en asociaciones o complejos de suelos (3), y deben mostrarse como una unidad cartográfica definida en términos de las unidades taxonómicas que lo forman (las cuales a su vez, son definidas como lo es cualquier unidad taxonómica), sus proporciones y la disposición en que se encuentran. Usualmente tales áreas llevan un nombre compuesto derivado de los nombres de los miembros individuales del complejo. Los suelos Solonetz-solidizado y suelos asociados a menudo deben mostrarse como complejos. Los Podzoles hidromórficos, los Turbosos medios, Turbosos y Podzoles arenosos son también a menudo mostrados en mapas detallados como complejos.

Un complejo puede consistir de sólo dos fases de un tipo, las

(3) El término "complejo" se usa en cartografía detallada de suelos para aquellas asociaciones o partes de asociaciones de suelos que se muestran en conjunto debido a necesidad de claridad en la presentación cartográfica. Los mimbros individuales de todas las asociaciones de suelos se muestran separadamente en mapas detallados en donde cartográficamente es posible hacerlo. (Ver sección sobre Unidades de Clasificación y Cartografía.)

cuales son taxonómicamente diferentes pero no representables como unidades separadas; puede constar de dos o más tipos de suelo en la misma serie o dos o más tipos de familias, grandes grupos u órdenes diferentes.

No se pueden establecer reglas definidas para la decisión del nivel de complejidad que se debe seleccionar para cambiar la representación gráfica de cada unidad separada por la de complejos definidos. Los usos del mapa y el carácter de la distribución de los suelos deben tomarse en consideración. Si el contraste en cuanto a respuesta a manejo es muy grande entre los suelos, debe hacerse todo el esfuerzo para que, sin causar confusión cartográfica, puedan aparecer separados. En agunos casos esto significa separar áreas de suelo de sólo un cuarto de hectárea, o menos, en mapas muy detallados donde el uso del suelo es muy intenso. Si los suelos tienen muchas características similares o si todos ellos en todo caso no responden a prácticas de manejo, deben usarse complejos definidos que permitan economía de tiempo sin reducir por ello el valor predictivo del mapa. Si los suelos de un complejo intrincado deben ser tratados igual en los campos, el mostrar separadamente sus componentes individuales no contribuirá en nada al valor predictivo del mapa, pero sí puede confundir con su complejidad a las personas legas que lo usen.

El uso de complejos no releva al científico de la necesidad de definir en forma precisa los perfiles de todos sus componentes. Los datos de laboratorio pueden usarse únicamente para caracterizar las unidades taxonómicas individuales del complejo. Esto también es valedero para lotes experimentales cuidadosamente planeados. Por otro lado los datos sobre experiencia de uso por campos pueden usarse únicamente para caracterizar al complejo total.

Los mapas de suelos excesivamente intrincados son de menor servicio para la mayoría de los que los usan, que aquellos en donde se usan complejos como unidades cartográficas en vez de unidades taxonómicas individuales. Por otro lado, en donde se usan complejos sin definiciones cuidadosas de las unidades taxonómicas y de sus proporciones y disposición, los mapas no pueden reunir los requerimientos de un levantamiento detallado de suelos. En mapas detallados de suelos potencialmente arables, los complejos deben usarse en forma limitada.

La mayor parte de los levantamientos de reconocimiento de suelos son mucho más útiles si las unidades taxonómicas individuales se definen con exactitud como en un estudio detallado, y luego se combinan en asociaciones de suelos o complejos definidos para fines cartográficos, que si se usan como unidades cartográficas unidades taxonómicas de mayor amplitud, con inclusiones indefinidas.

A pesar de lo anterior, aún en mapas detallados de suelos, a gran escala, las unidades cartográficas designadas en términos de

unidades taxonómicas individuales, pueden incluir pequeñas porciones de otras unidades taxonómicas y de inclusiones digamos hasta un 15%.

DESCRIPCION DE LAS UNIDADES EDAFICAS

El valor de las descripciones de los suelos depende de lo representativo del lugar seleccionado, su objetividad, su acabado y su claridad. Dado que la realización de levantamientos de suelos es una actividad muy amplia, que necesariamente envuelve un número crecido de centíficos, la necesidad de terminología uniforme muy difícilmente puede exagerarse. Las descripciones de suelos hechas por individuos diferentes dentro del mismo equipo de levantamiento, en partes diferentes del país, y aún en países diferentes, necesitan ser comparadas y correlacionadas de modo que se puedan establecer relaciones. Las descripciones de campo son usadas por los edafólogos supervisores regionales, los científicos de laboratorio y otros. Además, el jefe del estudio puede necesitar entregar sus notas y mapas a un sucesor, antes de que el proyecto esté terminado.

Grandes esfuerzos por unificar la terminalogía han sido hechos en años recientes. Las mejoras han sido verdaderamente notables, parcialmente debido al gran cúmulo de trabajo realizado en el pasado, y en parte por que se ha reconocido la necesidad de hacerlo. Estos cambios están entre los que se reflejan en forma más importante en este **Manual** en relación con la edición anterior. La uniformidad puede sin embargo, ser llevada demasiado lejos. Los suelos no son simples. Nuestra terminología debe ser lo suficientemente amplia y flexible para que permita descripciones exactas de todos los rasgos pertinentes en todo detalle significativo. Debemos encontrar una posición razonable entre la ortodoxia extrema por una parte y el uso de los términos irresponsables o mal hechos por otra.. El seguir ciegamente la terminología corriente puede conducir a descuidar rasgos importantes o a ignorar distinciones que aunque pequeñas, pueden ser significativas para conjuntos especiales de características edáficas.

A pesar de las mejoras logradas, todavía falta mucho por recorrer en el mejoramiento de la terminología. Hay edafólogos responsables que no están totalmente de acuerdo acerca de algunos de los términos usados en este **Manual.** En ciertos casos ha sido necesaria una selección casi arbitraria. Al disponerse de nuevos estudios y medidas de más refinamiento, algunas definiciones serán indudablemente cambiadas. Es más, puede suceder que algunos científicos individualmente deseen usar términos y clases suplementarias. Esto debe ser hecho donde sea realmente necesario. Corrientemente, sin embargo, es posible definir los suelos dentro del sistema de terminología sugerida en este **Manual,** de modo que los resultados puedan ser comprendidos por todos.

Antes de examinar en las secciones siguientes de este libro los detalles de cada aparte, será bueno tratar brevemente los puntos principales que se incluyen en una descripción apropiada de suelos.

Unidad taxonómica de suelos

Una vez establecido el suelo normal como un conjunto típico de características para fines comparativos, se define luego cada unidad local particular, resultante de un conjunto único de factores genéticos. Las definiciones deben concordar entre sí, sin traslapos ni brechas. Estas vienen a ser las unidades básicas de clasiticación: tipos y fases de tipos.

Dado que el suelo que cubre la tierra es continuo, las unidades a menudo cambian de características de una a otra, en forma gradual a través de fajas de transición de varios metros de ancho o más. Aunque las divisiones entre unidades pueden ser arbitrarias, varias características usualmente cambian juntas. Los límites periféricos de la definición de cualquier unidad están sujetos a coincidir con los límites exteriores o periféricos de una o más de las otras unidades. Así, en los márgenes entre dos unidades diferentes, los suelos son más parecidos entre sí que el suelo cerca de los márgenes de cada uno y su patrón respectivo. Algunos técnicos de campo se confunden con este hecho obvio, especialmente cuando las fajas de transición son anchas, caso en el cual pueden intentar establecer una nueva unidad para la transición entre las dos. A menudo sin embargo, este proceder trae como resultado vaguedad y duplicidad, con dos límites que definir y reconocer en vez de uno, cada uno de los cuales es a su vez tan difícil como el primero. Cada unidad de suelos es una clase particular de paisaje que se define por la forma de la tierra y el perfil y las variaciones de cada uno. Un perfil individual ocupa un espacio muy pequeño, esencialmente un punto. Así un área de suelo tiene un número casi infinito de perfiles. En la misma forma que dos árboles de pino blanco no son enteramente idénticos, tampoco son dos perfiles; pero todos los árboles llamados pinos blanco tienen ciertas características diferenciales en común, como tienen todos los perfiles de suelo incluídos en un tipo de suelo determinado. Cada unidad de suelo debe ser examinada y descrita en varios puntos con el fin de establecer el perfil modal y los cambios permisibles en los perfiles. Con experiencia y habilidad el edafólogo aprende a asociar los perfiles del suelo con la correspondiente forma de terreno y puede escoger los lugares adecuados para los exámenes de mayor utilidad. No se puede fijar el número de exámenes requerido para establecer una unidad. Con un poco de estudio preliminar en los cortes de los caminos o con perforaciones (4), un edafólogo hábil puede

(4) El taladro de suelos, desde luego, no debe usarse para estudios mayores del perfil, tampoco los cortes de caminos, a menos de que sean frescos.

preparar una buena descripción a partir de tres perfiles mayores, pero corrientemente se requieren más. Conforme progresa el trabajo, estas descripciones deben someterse a prueba varias veces en el área de la unidad. La descripción final será la de un paisaje de suelo tridimensional.

En las notas de campo, las observaciones deben separarse con nitidez de las conclusiones y especulaciones. La condición de los cultivos en crecimiento es un hecho observable, pero las opiniones acerca de la productividad del suelo son inferidas. El edafólogo puede observar que el material edáfico es franco limoso casi uniforme y rico en limo, bajo en arcilla y arena y sin fragmentos gruesos. Estos son hechos observables, mientras que la interpretación de que el suelo es formado de "loess", es una inferencia de éstos y otros datos observables. Al hacer observaciones el edafólogo se guía por principios de génesis, por relaciones conocidas entre suelos y otros rasgos del paisaje y por principios de manejo. Estos principios ayudan en la formulación de decisiones acerca del significado de los rasgos observables.

Lo anterior no quiere decir que la especulación acerca del origen y capacidad de uso del suelo esté fuera de lugar. Todo lo contrario, tales especulaciones deben ser estipuladas, pero deben ser separadas, en forma clara, de las observaciones. Las descripciones de morfología, vegetación, forma de relieve y geología, deben ser tan objetiva como sea posible. Cualquier edafólogo de experiencia puede atestiguar acerca del gran valor que tienen las notas de campo completas, objetivas. Muy difícilmente se puede exagerar su gran utilidad. Muchas interpretaciones y relaciones importantísimas se han descubierto después de que las descripciones fueron preparadas —cuando se las estaba estudiando con otras descripciones o con datos del laboratorio— relaciones que no conocían los edafólogos de campo cuando hicieron y anotaron las observaciones. Sobre todo, los rasgos del suelo o del paisaje no deben confiarse únicamente a la memoria.

Muchos edafólogos tienen dificultad en describir lo obvio. Si no se tiene cuidado, el técnico puede regresar de un área de estudio o de un viaje exploratorio con notas completas y buenas fotografías de los suelos, cosechas y fincas no comunes, pero sin descripciones claras y objetivas de lo común. A menos que se tenga una descripción adecuada de la norma, todas las notas pierden exactitud y significado.

Siempre que sea posible, deben hacerse estudios básicos y detallados de los suelos vírgenes. Unicamente en ellos pueden definirse en forma apropiada las capas superiores. Sin embargo, es necesario acompañar las definiciones con algunas descripciones de suelos cultivados, ya que muchos de ellos cambian notablemente con el cultivo, en formas completamente diferentes a las debidas a deterioro por erosión, pérdida de estructura o agotamiento de materia orgánica y nutrientes. Los Podzoles por ejemplo, pueden tener una cobertura

orgánica gruesa, a menudo destruída por la quema y la tala, la cual es una parte definida del perfil natural esencial para comprender su génesis. Los horizontes superficiales naturales de muchos suelos tienen una densidad aparente excesivamente baja, la cual aumenta mucho después de unos pocos años de cultivo. Para ilustrar son buenos ejemplos los suelos Pardos Forestales Subárticos los cuales pueden tener capas orgánicas superficiales (Aoo y Ao) de 7,5 a 15 cms. de espesor sobre un solum de alrededor de 47,5 cm. de espesor. Después de una tala y cultivo normales el solum completo puede ser de 37,5 cm. de espesor, debido a pérdidas normales de materia orgánica y a aumentos en la densidad aparente, sin ninguna remoción de suelo por erosión pluvial ni eólica. Para poder comparar, se necesita un concepto claro tanto del suelo estandar cultivado como del suelo virgen.

Debe hacerse todo intento razonable para localizar áreas vírgenes inalteradas con el fin de describir y observar las capas más superiores, Aún cuando éstas se mezclan siempre al ser cultivado el suelo, son muy importantes para lograr comprender su origen. Allí se desarrollan los procesos biológicos más activos que influyen sobre el origen del suelo en un paisaje natural. Así los 2,5 ó 5 cms. superiores del sólum pueden proveer pistas excesivamente importantes para los procesos genéticos. Es más, los incendios forestales o el pastoreo pueden alterar la superficie de los suelos podzólicos considerablemente. Los lugares inmediatos a las cercas deben también evitarse, ya que a menudo tienen una flora peculiar y comúnmente han recibido acumulaciones de polvo orgánico y mineral proveniente de los camos adyacentes. No es del todo raro que los horizontes de suelos podzólicos hayan aumentado 5 ó 7,5 cms. y hasta 15 ó 18 cms. a lo largo de cercas y verjas que han permanecido con pasto.

La búsqueda de ejemplos de unidades de suelos vírgenes, no debe sin embargo, llegar a constituir una obsesión que conduzca al edafólogo a algo muy diferente del suelo modal. En muchas áreas bajo estudio no será posible encontrar buenos ejemplos, especialmente de los suelos productivos, en estado virgen. Es mucho mejor desarrollar un patrón cultivado de varios buenos ejemplos que usar uno virgen no representativo. En donde sea posible debe describirse la historia del manejo de estos campos. En muchos países no existen buenos ejemplos de los suelos productivos, excepto en campos cultivados, huertos o pastos. Aún en los Estados Unidos de Norte-América, áreas vírgenes de suelos de Pradera y Chernozem son excesivamente escasas. Algunos de los que se pudieran encontrar, pueden tener algo extraordinario que los hace sospechosos en cuanto a su posible uso como patrón. En donde se usan patrones de suelos cultivados, debe hacerse todo esfuerzo razonable para establecer la norma tanto para la historia del manejo como para el suelo mismo. Es posible que este punto merezca mayor énfasis. Algunos edafólogos tienen lo que llega a ser una obsesión por basar la clasificación

del suelo sobre suelos vírgenes aún olvidando los suelos cultivados, especialmente aquellos que han sido marcadamente alterados por un uso agrícola prolongado.

En paisajes cultivados de mucha amplitud, algunos suelos antrópicos son suficientemente diferentes del suelo original virgen como para requerir por clasificación e interpretación apropiadas, su agrupación en series separadas, ya sea para comprender el origen de los suelos o para predecir sus adaptabilidades a cultivos y requerimientos de manejo (5). Para tales suelos las definiciones deben buscarse en los campos cultivados. Algunas veces pueden encontrarse los perfiles vírgenes por comparación, otras veces no.

Por medio de la agrupación sistemática de los capítulos necesarios para descripción de suelos, éstos pueden compararse fácilmente, y de varias descripciones del mismo tipo de suelo se puede hacer abstracción de una que sea representativa. En los siete párrafos numerados que siguen se sugiere una forma de agrupación (6).

1.—Forma del terreno, relieve y drenaje.—En primer lugar, se necesita una descripción de relieve —la gradiente, longitud y forma de las pendientes y su disposición. Esto se puede suplementar ventajosamente por medio de descripciones breves de la clase de forma del terreno— terraza disecada, llanura de inundación activa, "esker", "drumlin", llanuras viejas formadas por conos de deyección unidos y similares. Dado que los responsables de estos términos son principalmente geólogos físicos y geomorfólogos, sus definiciones y usos deben seguirse. En donde los edafólogos necesitan términos suplementarios para hacer distinciones más refinadas, ellos deben ser consistentes con las definiciones principales.

El relieve y el drenaje deben mencionarse separadamente. Aunque el escurrimiento superficial (o drenaje externo del suelo) está relacionado con la pendiente, el drenaje interno depende de la permeabilidad del suelo y el material subyacente. De este modo, un suelo permeable puede estar bien drenado en una pendiente suave, mientras que uno lentamente permeable puede estar imperfecto o aún pobremente drenado en la misma pendiente.. Las relaciones entre pendiente y permeabilidad no pueden definirse en forma generalizada para todos los suelos en términos de drenaje. Cuando se asigna una clase de drenaje se debe tomar también en cuenta el carácter del suelo en sí. El clima influye sobre las relaciones de drenaje. En aquellos climas frescos donde la lluvia es casi continua, pueden encontrarse suelos de drenaje pobre aún en pendientes fuertes.

En donde las diferencias de elevación son significativas, se deben registrar, ya sea tomándolas del levantamiento topográfico si

---

(5) Para algunos jemplos excelentes, véase el libro de EDELMAN, C. H. THE SOIL OF THE NETHERLANDS, 177 pp., illus. (Maps). Amsterdam, 1950.

(6) Unicamente se dan aquí conceptos breves sobre los capítulos que más tarde se discutirán con amplitud.

se tiene un mapa de esta índole a mano, o aproximadamente por medio del barómetro. Evidencias de inundación o de lluvias de cenizas volcánicas recientes se deben anotar. La exposición del sitio al viento o al sol, cuando ello sea de importancia, se debe observar. Cerca de los límites entre asociaciones de plantas, una diferencia en viento o exposición puede determinar la asociación. En donde la humedad es limitante, las pendientes que dan cara al norte, contrastan marcadamente con las que dan frente al sur, tanto en vegetación como en suelo. En el norte de Europa, los filos arenosos situados de este a oeste a menudo tienen Podzoles en las pendientes del norte y suelos Pardo Forestales sobre las pendientes del sur. En regiones secas del hemisferio norte las pendientes del sur pueden tener suelos Sierozem o aún Esqueléticos, y las del norte, suelos Pardos o Castaños.

2.—Material originario.—Se requiere en primer lugar una descripción clara del material originario, su textura, estructura, color, consistencia y cualquier otro rasgo significativo, incluyendo profundidad y estratificación. Debe darse su composición mineralógica aproximada hasta donde ella pueda ser determinada en el campo. A menudo se necesitan determinaciones suplementarias de laboratorio. Deben agregarse sugestiones en relación con la fuente del material rocoso como: granito, basalto, arenisca, caliza, etc. o mezclas de varias clases de rocas. Deben sugerirse las formas en las cuales se originaron: meteorización de las rocas "in situ", material depositado por el viento, "till" glacial, corrientes de barro, aluvión local, aluvión general, etc. Muchos de los términos que se relacionan con el modo de origen, como "till" glacial, "loess" y aluvión, son demasiado generales para descripciones de suelo, sin embargo, son de utilidad suplementaria. De mucha utilidad pueden ser las sugestiones acerca de las diferencias probables o posibles entre el substrato (como horizonte C) y el material original del cual el solum mismo se ha desarrollado.

3.—El perfil del suelo.—Una vez hecha la excavación para el estudio del perfil del suelo, deben localizarse en primer lugar los horizontes principales. Si se les puede asignar letras como A, B, C está bien. A menudo esto no es posible sin algunos estudios de laboratorio. Generalmente sin embargo, es mejor hacer una estimación de la designación en letras e indicar las dudas con un signo de interrogación. Cuando se tenga una gran incertidumbre, los horizontes pueden simplemente numerarse de la superficie hacia abajo hasta el material originario.

Una vez localizados los límites de los horizontes, se anotan la profundidad a que se encuentran y el espesor de cada uno junto con el carácter de los límites. Como punto cero usualmente se usa el tope del horizonte A1. Después de la medida, se describe cada horizonte atendiendo especialmente a los siguientes aspectos:

Color: los nombres de color y las anotaciones matemáticas (Munsell) se toman de las cartas colorimétricas típicas. En donde el suelo está veteado o moteado con colores contrastantes o en donde las caras exteriores de los agregados son diferentes a las interiores, se anotan los colores principales por separado. Se puede agregar cualquier nota pertinente sobre las condiciones de humedad. Usualmente en las descripciones de suelos se dan los colores de los suelos cuando húmedos. Los autores recomiendan que además se anoten los colores de muestras secadas al aire, especialmente para la comparación de suelos en localidades ampliamente diferentes.

Textura: la clase textural se observa en el campo pasando una muestra de suelo entre los dedos pulgar e índice. Antaño se ignoraban las numerosas disparidades que existían entre las determinaciones de clases de suelos hechas en el campo y las dadas por el viejo diagrama triangular. Recientemente éstas han sido ajustadas de modo que en la actualidad la relación es muy estrecha. En todos los casos de duda, debe enviarse muestras especiales al laboratorio para atención inmediata, de modo que los técnicos que realizan el levantamiento de suelos tengan una base uniforme para la determinación de la clase textural.

Estructura: la estructura del suelo necesita atención cuidadosa, en parte por su importancia para la productividad del suelo, permeabilidad y crecimiento de las raíces y en parte debido a su gran significado en el génesis del suelo. Lo último realza la importancia de la capa superior de los suelos vírgenes, aún cuando ésta pueda ser destruída posteriormente durante el cultivo.

Porosidad, Consistencia, Reacción y efervescencia: Estas determinaciones pueden ser hechas utilizando uno de los diversos y eficientes equipos portátiles de los que se dispone hoy día.

Concreciones y otras formaciones especiales

Materia orgánica y raíces

Composición química y mineralógica: las clases y cantidades de minerales arcillosos, bases intercambiables, elementos nutritivos, etc. pueden únicamente ser conocidos a través de exámenes de laboratorio de muestras representativas de cada horizonte genético. En donde exista incertidumbre acerca de la uniformidad de cualquier horizonte particular, puede ser subdividido arbitrariamente para la toma de muestras de cada una de las subdivisiones.

4.—**Pedregosidad.**—En aquellos lugares en que se encuentren piedras, se deben tomar notas acerca de su número y tamaño y distribución en el perfil, lo cual es esencial en la evaluación de las ca-

pacidades de uso del suelo y en el establecimiento correcto de las fases para pedregosidad dentro de los tipos de suelo.

5.—Erosión o truncamiento.—La mayor parte de los suelos en pendiente sufren al menos alguna erosión. En áreas en donde han ocurrido levantamientos recientes, las cárcavas y otras manifestaciones de erosión pueden ser, aunque conspícuas, rasgos naturales del paisaje. La erosión severa, sin embargo, ha venido después de cambios en la cobertura vegetal, los cuales han permitido una erosión muy acelerada en relación con lo normal para el tipo. Estos rasgos se anotan en relación con el uso de la tierra y con los otros factores del medio. Es excesivamente importante diferenciar entre la erosión natural, no importa lo severa que sea, y la erosión acelerada. Las notas sobre la erosión acelerada, en donde exista, deben acompañarse con las mejores estimaciones posibles de la historia previa del uso del suelo.

Las notas sobre erosión, y especialmente de sus efectos, son necesarias para dos propósitos algo diferentes: (1) para estimar el peligro de erosión de una unidad de suelo bajo diferentes sistemas de uso y manejo, y (2) para proveer una base para el establecimiento de clases adecuadas de suelos erosionados y, dentro del tipo de suelo, de fases de suelos erosionados. Es necesario definir para cada tipo de suelo las fases erosionadas, de modo que las definiciones puedan relacionarse con las diferentes predicciones de uso de la tierra.

Además del truncamiento se deben anotar los efectos de la erosión pluvial o eólica sobre la cobertura de los suelos.

6.—Vegetación.—Se anotan las plantas principales, tanto dominantes como asociadas, haciéndose comentarios sobre la cobertura en general. Se puede observar por ejemplo, que un suelo tiene una cobertura de crecimiento secundario después de haber sido talado o incendiado, que se está revegetando del sobrepastoreo, que está en la actualidad severamente sobrepastoreado, que está en bosque virgen de maderas duras y otras observaciones similares.

7.—Uso de la tierra.—Se anotan las principales cosechas —su condición y tipo de cultivo. Los estudios sobre producción y prácticas de manejo del suelo se hacen separadamente y no como parte de los estudios de perfiles individuales.

Libretas de notas

El edafólogo toma en el campo un gran número de notas en forma precisa y rápida. Se necesitan tantas notas que los métodos deben ser sistemáticos y simples. Si el técnico establece un sistema demasiado elaborado, puede encontrar luego que es de muy difícil empleo. Se deben tomar providencias para describir los suelos en

los sitios de mayor importancia, para observaciones hechas entre estos sitios y durante el levantamiento, para fotografías, para entrevistas con hacendados y otras personas, y para las anotaciones corrientes de recorrido. Corrientemente por cada área de estudio es mejor mantener las diferentes clases de notas en libretas separadas.

Las preferencias individuales varían tanto que no se ha hecho intento para uniformar el tamaño y formato de las libretas de notas. Es importante el uso de términos y símbolos uniformes y que la escritura sea legible, de modo que otras personas lo puedan usar, como en los casos en que un jefe de estudio o un correlator es reemplazado por otro.

Algunos prefieren libretas grandes, con páginas de 20 por 25 cms.; en ellas es fácil escribir y tiene espacio suficiente para dibujar esquemas tanto como para escribir. También son mejores para las descripciones detalladas de perfiles. Corrientemente es tanto el equipo que se necesita que el volumen extra que agregan es en realidad insignificante.

Otros prefieren libretas más pequeñas, de 7.5 a 12.5 cms. de ancho y 12.5 a 20 cms. de largo, las cuales pueden llevarse en el bolsillo y en los cuales se registran especialmente las notas que se toman durante el levantamiento. Mientras más nítidamente escriba un hombre, más pequeño será el libro que pueda usar satisfactoriamente.

Las libretas de notas de hojas cambiables tienen la gran ventaja de que las descripciones individuales pueden ser archivadas juntas. Muchos las prefieren con anotaciones uniformes impresas en cada página y similares a las mostradas en la página 192. Aunque algunos usan libretas empastadas, para la mayor parte de los edafólogos las libretas de notas de hojas sueltas son probablemente las mejores para las descripciones de suelos. Con libretas que tengan seis o más anillos, la pérdida de hojas individuales es rara (7).

Para las descripciones de suelos, siempre es útil algún tipo de esqueleto, especialmente para aquellos que se inician. Utilizando un esquema definido, los asuntos importantes tienen menos posibilidades de ser omitidos. Hay que tomar en cuenta que una sola omisión puede reducir seriamente el valor de una descripción o aún

(7) Cuando se trabaja intensivamente dentro de un área, para las descripciones de suelos, algunos prefieren hojas cambiables grandes —de 20 por 27 cms.— sostenidas contra una lámina metálica con prensa, o en un cartapacio. Estas pueden archivarse por unidades taxonómicas y resumirse en forma conveniente. Las hojas de estas tablillas se escriben fácilmente y el metal ofrece buena protección. Las pérdidas de notas pueden mantenerse a un mínimo ínfimo, ya que las hojas se remueven diariamente y se pueden archivar en el campamento cada tarde. Para estudio en grandes áreas algunos prefieren libretas empastadas, pequeñas, para evitar parcialmente el peligro de perder hojas y también para reducir el equipo que debe transportarse por avión y tren. Los peligros, sin embargo, aumentan, pues puede perderse la libreta completa.

echar todo a perder; también hay que recordar que se necesita anotar un gran número de puntos. Esto no quiere decir que no se pueda tomar buenas notas sin usar esqueletos. Algunos prefieren páginas en blanco con líneas finamente marcadas, pues creen que más fácil es acomodar la descripción a las peculiaridades del suelo. Los rasgos importantes pueden describirse con toda extensión sin tratar de acomodarlos en una determinada forma. Algunos que usan libretas de notas en blanco pegan o escriben una lista de puntos fundamentales en la cubierta interior con el fin de ayudar la memoria.

Lo importante es que cada edafólogo se habitúe a tomar notas completas, exactas y uniformes. Tal vez su trabajo principal es aprender a anotar lo corriente —los suelos comunes, la vegetación, cultivos, fincas y prácticas agrícolas. La mayor parte de nosotros se inclina a aceptar ésto inconscientemente, como "normal". Dado que la mente discierne por comparaciones, a menos que nos entrenemos a nosotros mismos, únicamente anotaremos y fotografiaremos lo que se aleja de la norma. Entonces, cuando intentamos preparar un informe o una leyenda descriptiva, nuestras notas serán completamente inadecuadas. Primero que todo debemos describir lo normal: nuestros puntos de referencia.

Esbozo sugerido para las páginas de la libreta de notas.

El logro de un sistema uniforme para la descripción de suelos puede ser ayudado con libretas especiales de notas, las cuales provean espacios para todas las cosas importantes que deben ser anotadas. Usando abreviaciones convencionales para las clases definidas de los diversos rasgos, como se esboza en secciones específicas de este **Manual,** es posible condensar descripciones en espacios pequeños. Un esbozo de páginas para estas libretas de notas, se muestra en la figura 23. Es de lo más conveniente tener estos esbozos impresos sobre los lados opuestos de una misma hoja a fin de usarlas en una libreta de notas de hojas cambiables. Las hojas individuales pueden removerse y archivarse de acuerdo con los nombres de los suelos. Estas hojas pueden ser pequeñas, de 10 por 20 cms. por ejemplo y deben tener huecos en los márgenes largos a fin de que puedan usarse en un portafolio de anillos, de bolsillo; también pueden ser puestas en una libreta empastada. Un esbozo similar puede usarse en una página más grande, digamos de 19 por 24 cms., con una columna adicional en la cual se hace un esbozo del perfil o se utiliza para observaciones y discusiones. Una gran ventaja en el uso de este esquema consiste, en parte, en que se hacen anotaciones uniformes, las cuales hacen posible compendiar varias descripciones de la misma unidad taxonómica en una sola descripción general para la unidad total.

Para el esbozo que se muestra en la figura 23, A y B, se sugieren las siguientes abreviaciones y anotaciones. Estas también son útiles como referencia cuando se usan libretas en blanco.

Tipo de suelo	Fecha	Nº del muestreo	Tipo de suelo
Clasificación	Area		
Ubicación		Elev.	
Vegetación nativa (o cultivo)	Clima		
Material parental			
Fisiografía			
Relieve	Pendiente	Erosión	
Drenaje	Nivel freático	Permeabilidad	
Humedad	Sal o alcalinidad		Codificación Nº
Pedregosidad	Distribución raíces		
Observaciones			

A

Horizonte	Profundidad	Espesor	Límite	Color (Seco / Húmedo)	Textura	Estructura	Consistencia	Reacción	Otras características
				S / H					
				S / H					
				S / H					
				S / H					
				S / H					
				S / H					
				S / H					
				S / H					
				S / H					
				S / H					
				S / H					
				S / H					

B

Figura 23.—Páginas de una libreta estándar para descripciones de suelos: A, anverso de la hoja; B, reverso.

Horizonte: use la nomenclatura uniforme para horizontes (ver págs. 238 a 257).

Profundidad: en centímetros, desde la parte superior de A1, u horizonte mineral superficial, excepto para la superficie del material orgánico en suelos Turbosos y Semi-Turbosos. (ver pág. 254).

Espesor: espesor promedio y variaciones, como por ejemplo 15 (10-20).

Límites: (1) Los límites de los horizontes se describen en cuanto a claridad:

Abrupto	—	a
Claro	—	c
Gradual	—	g
Difuso	—	d,

y de acuerdo con la topografía:

Uniforme	—	u
Ondulado	—	o
Irregular	—	i
Quebrado	—	q;

Un límite abrupto irregular es ai.

Color:. .Los colores del suelo se indican por medio del uso de las anotaciones Munsell apropiadas, tales como 5YR 5/3. En la libreta, los espacios en donde dice color se dejan en blanco, excepto para señalar si se trata de suelos secos o húmedos, en tal forma de acomodar al espacio las descripciones de los horizontes individuales. Si la masa del suelo es de color uniforme, se requiere únicamente una anotación. Si los colores exteriores de los agregados difieren significativamente de aquellos del interior; se deben anotar ambos colores. La descripción de los horizontes moteados debe incluir el color de la matriz y el color o colores de las vetas principales, más una descripción del diseño del moteo.

Moteado: Una descripción del moteado en los horizontes del suelo requiere la anotación de los colores y del diseño. Los colores se pueden dar en términos de las anotaciones Munsell o en sus equivalentes lingüísticos, dado que la medida exacta no es posible ni necesaria. El dise.ño se puede anotar como sigue:

Abundancia:		*Tamaño:*		*Contraste: (*)*	
pocas	p	fino	1	tenue	t
frecuentes	f	medio	2	claro	c
muchas	m	grueso	3	sobresaliente	s

(1) En un esbozo, se anota el límite de abajo del horizonte.
(*) *N. del T.*: Para las abreviaciones a usar, se han utilizado preferiblemente las letras iniciales del término castellano.

Así un horizonte gris-medio moteado con amarillo y castaño rojizo podría ser anotado como: 10 YR 5/1, f3c, 10YR y 5YR 4/4 ó 10YR 5/1, f3c, amarillo y castaño rojizo.

Textura: (*) se sugieren las siguientes anotaciones:

Grava - granzón	G	franco arenoso gravoso	FAG
arena muy gruesa	Amg	franco	F
arena gruesa	Ag	franco gravoso	FG
arena	A	franco pedregoso	FP
arena fina	Af	limo	L
arena muy fina	AmF	franco limoso	FL
arena gruesa franca	AgF	franco arcilloso	FAc
arena franca	AF	franco arcilloso limoso	FAcL
arena fina franca	AfF	franco arcillo-arenoso	FAcA
franco arenoso	FA	franco arcillo-pedregoso	FAcP
franco arenoso fino	FAf	arcillo limoso	AcL
franco arenoso muy fino	FAmf	arcilla	Ac

Estructura: los términos usados se siguen el esquema dado en la página 305.

Tamaño o clase: (*)

muy fino (2)	md
fino	d
medio	m
grueso	g
muy grueso	mg

Forma o tipo: (*)

laminar	l
prismático	p
columnar prismático	cp
blocoso (3)	b
blocoso anguloso	ba
blocoso subanguloso	bsa
granular	g
migajón	m
grano simple	gs
masivo	m

Grado o claridad:

sin estructura	0
débil (4)	1
moderada	2
moderada	2
fuerte	3

Así la estructura del horizonte B de un Solonetz-solodizado puede ser g3cp; el del horizonte A1 de un Podzólico-pardo grisáceo, mlmi; y del horizonte B2 de un castaño rogizo, m2bsa. Los horizontes que tienen una estructura mezclada requieren dos anotaciones. El B1 de un suelo Podzólico Rojo amarillento puede ser flbsa o m2bsa.

---

(2) Para laminar, léase "delgado" y "grueso" en vez de "fino" y "grueso".
(3) Sinónimos no recomendables para blocoso subanguloso son: "muy subanguloso" y "nuciforme".
(4) "Muy débil" y "muy fuerte" pueden ser anotados como m_1 y m_3, respectivamente.

Consistencia: (x) la anotación de consistencia varía con el contenido de humedad (ver págs. 308 312).

Suelo mojado:

no pegajoso	mnp
ligeramente pegajoso	mlp
pegajoso	mp
muy pegajoso	mmp
no plástico	mmpl
ligeramente plástico	mlpl
muy plástico	mmpl

Suelo seco:

suelto	ss
suave	ssv
ligeramente duro	sld
duro	sd
muy duro	smd
extremadamente duro	sed

Suelo húmedo:

suelto	hs
muy friable	hmfr
friable	hfr
firme	hf
muy firme	hmf
extremadamente firme	hef

Cementación:

Débilmente cementado	cd
fuertemente cementado	cf
endurecido	ce

Reacción: Usense cifras para el pH.
Indíquese efervescencia con HCl, como:

ligera	l
fuerte	f
violenta	v

Rasgos especiales:

Concreciones, por ejemplo:

cal	conca
hierro	confe
silíceas	consi
crotovinas	k

Otros rasgos especiales se pueden incluir bajo "Observaciones":

Tipo de suelo: Nombre, como Memphis franco limoso, más el número cartográfico de campo, si tiene.

Clasificación: Especialmente el gran grupo de suelos, si se conoce.

Vegetación natural: (o cultivo): Tal como roble-nogal; pastos bajos; trigo; huerto de manzanos.

(*) *N. del T.*: Para las abreviaciones a usar se han utilizado preferiblemente las letras iniciales de los términos en castellano.

Clima: Tal como: templado húmedo, semiárido-cálido.

Material originario: Tal como residuo de basalto, aluvión limoso mezclado, "till" franco arcilloso calcáreo.

Fisiografía: Como terraza alta, llanura de "till"; cono aluvial, piedemonte. Se deben agregar los nombres de las formaciones cuando éstas son conocidas.

Relieve: Se da la designación por letra o el nombre de la clase de pendiente y se indica cóncavo o convexo, pendientes únicas o complejas (ver pág. 217).

Pendiente: Se da la gradiente aproximada o pendiente del suelo

Erosión: Usese el nombre apropiado de la clase y número (ver pág. 346 et seg.).

Drenaje: Usese el nombre apropiado de clase para el drenaje del suelo (ver pág. 228 et seg.).

Capa freática: Dése profundidad de la capa freática o indíquese: "profunda".

Permeabilidad: Usese el nombre de clase apropiado (ver pág. 226).

Humedad: Indíquese humedad presente como: 1- mojado; 2- húmedo; 3- moderadamente seco y 4- seco.

Sal o álcali: Indíquese la concentración de ambas o una de las dos, como: ligera, moderada, fuerte.

Pedregosidad: Usese el nombre de clase y número apropiados. (ver pág. 288).

Distribución radicular: Indíquese profundidad de penetración como "profunda", o hasta cierta profundidad u horizonte; y abundancia como: "abundante", "limitada".

Observaciones: Inclúyanse detalles adicionales en los puntos enumerados o asuntos adicionales, como: contenido relativo de materia orgánica, presencia de gusanos, insectos o roedores, moteado especial y líneas de piedras.

Fotografías (8)

De ayuda especial son las buenas fotografías de perfiles, de tipos de suelo representativos, de paisajes característicos, tanto

(8) El uso de fotografías, dibujos y mapas como ilustraciones en los informes publicados y monografías, se trata en la sección titulada "El Informe del Levantamiento de Suelos".

naturales como culturales, de evidencias de procesos edáticos, y de prácticas importantes, cultivos y estructuras relacionadas con el uso y desarrollo del suelo. Tales fotografías son necesarias para suplementar descripciones y recomendaciones en informes que se publiquen y para dar al lector una "impresión" más directa de los suelos, paisajes y agricultura. Muchos levantamientos de suelos publicados contienen poquísimas fotografías de los suelos y paisajes, que ayuden para la presentación más clara de los resultados de la investigación.

Además de su uso en publicaciones, las fotografías son una parte útil del archivo. Especialmente en un levantamiento de reconocimiento o exploratorio, en donde el tiempo es limitado, las fotografías vienen a ser una parte esencial de las notas de campo. Tanto las fotografías en blanco y negro como las diapositivas en color tienen su lugar de importancia, las primeras son más necesarias, sobre todo en virtud de que pueden reproducirse fácilmente y ser usadas como ilustraciones. Las diapositivas en color sirven mejor en el registro, especialmente para perfiles del suelo (9).

Las sugestiones que siguen se dan con la intención de que sirvan como guías generales a los jefes de levantamientos de suelos, así como a otros que toman fotografías para ser usadas principalmente en los Informes de Levantamientos de suelos y monografías que reseñan los resultados del trabajo de campo. Durante el proceso de levantamiento de suelos deben seleccionarse condiciones de luz lo más cercanas a lo ideal, a pesar de lo cual, en estudios exploratorios gran número de fotografías deben ser tomadas cuando el observador está en el sitio, a pesar del tiempo, estación y hora del día. Los edafólogos varían en su aptitud para la fotografía, pero con cuidado y atención a unos pocos principios simples, la mayoría puede bajo buenas condiciones, conseguir fotos útiles en blanco y engro. Algunas veces puede disponerse de fotógrafos profesionales, aunque son muy pocos los que tienen una apreciación adecuada de los suelos para componer fotografías que hagan resaltar las relaciones importantes.

Requerimientos generales.—A continuación se enumeran algunos requerimientos importantes para la toma de fotografías en blanco y negro que se van a usar para publicación:

1.—Las fotografías deben ser claras y nítidas si se espera obtener de ellas la mayor utilidad. Esto significa que el sujeto debe estar bien iluminado y en foco pronunciado. Cada fotografía pierde parte de su profundidad en la reproducción; por consiguiente la publicación de una fotografía puede reducir más bien que mejorar el valor de un buen texto, a menos que el original sea claro y tenga un contraste adecuado.

(9) El Comité de Intercambio de Fotografías y Perfiles de Suelos de la Sociedad Americana de Ciencia del Suelo suministra de vez en cuando detalladas sugestiones para hacer diapositivas en color.

2.—Las notas de campo para cada fotografía debe incluir la fecha, localización y una descripción con los nombres de los suelos. Estas notas pueden ser transferidas a un registro permanente después de que se haya revelado el rollo. A menos de que se use un sistema ordenado de numeración, descripción y archivo, el tiempo, la película y el equipo usados prácticamente se desperdician.

3.—Debe hacerse hincapié en los suelos, cultivos y fincas más importantes y especialmente en el suelo normal. Tanto como con la toma de notas completas, la mayoría de los edafólogos necesitan entrenarse a sí mismos en cuanto a la toma de fotografías de los lugares comunes. Inconscientemente uno tiende a aceptar lo normal y describe fotografías que se apartan de lo normal, olvidándose de tomar en cuenta lo que si es normal. A menos que planee la toma de sus fotografías cuidadosamente, el principiante puede terminar su levantamiento de suelos y tener fotografías de una cantidad de cosas, pero ninguna de los suelos y fincas dominantes. También esto es parcialmente debido a que las prominencias, cárcavas, playas y cosas por el estilo, son más fáciles de fotografiar que los paisajes ondulados comunes. El principiante siente más tentación de fotografiar un conjunto sobresaliente de edificios en una finca o cabaña de colonizador que la disposición ordinaria de una finca.

4.—Una fotografía útil hace resaltar uno o dos puntos sobresalientes acerca de las características del suelo, sus relaciones im portantes con otros suelos, forma de terreno, vegetación, geología o su uso y manejo. Las "vistas" simples, sin relación con las descripciones o mapas de suelos, deben descartarse a pesar de que sean muy claras. Cuando se usa una fotografía para dar la idea de una práctica de manejo o de producción de un cultivo específico, por ejemplo, debe relacionarse con una unidad cartográfica de suelos que esté descrita en el texto, y a prácticas definidas de manejo. Muchas fotografías pueden llenar dos o más propósitos inmediatos, por ejemplo, puede mostrar un sistema de riego por aspersión, un tipo de terraza o una cosecha especial adaptada a varios tipos de suelo y también su uso en un tipo de suelo particular. El relieve y disposición del uso de la tierra pueden ser mostrados en una fotografía. A pesar de eso se debe evitar meter mucho en una sola fotografía, pues se corre el riesgo de que todos los puntos aparezcan oscuros. Esto es especialmente cierto para vistas de paisajes amplios o distantes. Estas raramente se reproducen con éxito a menos de que sean simples y extraordinariamente claras. Generalmente es mejor tomar únicamente un tema en un fotografía y destacarlo con claridad.

5.—Un gran número de fotografías para informes de levantamientos de suelos son de escala muy pequeña —el fotógrafo estaba muy lejos del centro de interés. Uno debe colocarse tan cerca del perfil del suelo, del cultivo en crecimiento, del corral de la finca

o cualquier otro centro de interés, como lo permita una buena composición.

6.—Una buena composición es esencial para una fotografía de primera clase. En donde se toman en consideración conveniencia y otros factores, el centro de interés debe estar un poco fuera del centro, preferiblemente un poco a la izquierda y abajo del centro actual de la fotografía. Postes de telégrafo, postes de cerca, anuncios comerciales y otras cosas que no vienen al caso, en cuanto al objeto que muestra la fotografía deben evitarse, especialmente en el fondo. A menudo el observador se concentra tan intensamente en el suelo u otro rasgo mientras la toma, que falla en ver las cosas que arruinan la fotografía. Buenas fotos, tanto publicadas como no publicadas, son de utilidad por muchos años. Automóviles, objetos femeninos, sombreros de hombres y otras cosas que cambian drásticamente el estilo y ponen fecha a la fotografía deben evitarse ya que distraen al lector del asunto principal.

7.—Muchas fotografías necesitan algún tipo de escala como referencia para dar una idea correcta de las dimensiones. Para "close ups", una regla de madera natural con números negros, es mejor que un pico, una pala, reloj o cosas por el estilo.

8.—Una gran cantidad de fotografías están pobremente iluminadas y son borrosas. Las fotografías en blanco y negro tomadas con el sol iluminando directamente desde atrás de la cámara raramente son buenas. A muchas fotos tomadas a medio día durante el verano, "cuando los arbustos tienen sus sombras escondidas bajo sí mismos", les falta suficiente contraste. Usualmente el sol debe estar en un ángulo con el objeto a fin de obtener un buen contraste Por ejemplo, las fotografías que deben mostrar microrelieve, se deben tomar casi en sentido transversal al sol y en la mañana bien temprano o a hora avanzada en la tarde. Para diapositivas en color, estos contrastes de luz y sombra tienen menor importancia que una luz adecuada.

9.—Generalmente pueden tomarse fotografías con un trípode o sin él. Se puede planear mejor la composición, se puede sombrear mejor los lentes y la apertura puede ser reducida para permitir una profundidad de foco mayor. El uso del trípode es especialmente importante cuando la luz es pobre. Un trípode también permitirá un enfoque más crítico, lo cual es de especial importancia cuando se hacen fotos de perfiles de suelo.

10.—Todas las partes de la fotografía, importantes para su objeto, deben estar en foco. Esto desde luego parece obvio, pero merece énfasis especial. La mayor parte de las fotografías que se necesitan en levantamientos de suelos o publicaciones, son más efectivas si tienen el máximo obtenible de profundidad de foco. La mayor parte puede por lo tanto hacerse, con una apertura pequeña y una exposición grande en tal forma de conseguir la mayor parte posible en foco. Las aperturas pequeñas son generalmente

mejores para paisajes y para perfiles de suelo, pero no pueden usarse con objetos en movimiento rápido. Sin embargo, serán relativamente muy escasas las fotografías de objetos movibles que se necesiten para los levantamientos de suelos.

Perfiles de suelo: No son fácilmente fotografiables. Sobre todo es difícil conseguir totos en blanco y negro que hagan resaltar los contrastes significativos en la estructura y color entre los horizontes; sólo aquellas que hagan resaltar estos contrastes son de utilidad. Algunos de los puntos generales que deben observarse en la toma de fotografías de perfiles de suelo, son los siguientes:

1.—Se debe escoger un sitio representativo. Usualmente será necesario preparar un perfil de suelo en un corte de carretera debido a la dificutad de hacer un hueco suficientemente grande para tener adecuadamente iluminados los horizontes. El fotógrafo debe evitar la tentación de tomar fotos en cortes en donde pueden ser hechas con facilidad, pero en donde los suelos no son realmente representativos.

2.—Después que se ha hecho un corte vertical con la pala de corte, el perfil debe limpiarse y arreglarse a fin de hacer resaltar la estructura y otras características, sin interferencia de raíces sueltas. Comenzando por la parte superior, se pueden quebrar los fragmentos del suelo con un cuchillo grande, o con un tenedor con el fin de eliminar las marcas de la pala. El polvo y fragmentos pequeños se pueden quitar soplando con una pequeña bomba de inflar cauchos. A veces se usan también escobas, pero estas pueden dejar marcas. Puede ser útil humedecer todo el perfil, o partes de él, con una asperjadora de mano a fin de lograr un contenido parejo de humedad y comparabilidad de contraste. Los suelos húmedos son algo más oscuros que los secos y a menudo los colores son más intensos. Si todo el perfil está seco, puede ser útil humedecer la mitad, verticalmente, para mostrar los contrastes entre el suelo seco y el húmedo.

3.—Como escala es satisfactorio una regla de madera de 1,50 mts., sin barnizar ni pintar, de 4 cms. de ancho y 1,5 cms. de grueso, con números grandes, negros, cada 30 cms. Han sido usadas también con éxito reglas blancas con números negros. Tachuelas grandes o líneas pintadas hasta la mitad pueden mostrar la mitad del intervalo anterior, y tachuelas pequeñas, las divisiones cada 5 cms. Una regla de este tipo puede hacerse en dos o tres secciones, las cuales se unen por medio de bisagras o espigas. Una regla ordinaria de albañil, plegable de 1,50 m. puede usarse para fotografías de gran escala. El punto CERO de la regla debe siempre ser colocado exactamente en la parte superior del horizonte A1. La parte no usada de la regla puede enterrarse en el fondo del perfil.

Las escalas buenas no sólo ayudan en la lectura de la fotografía particular sino que también permiten poner en escala común varias fotografías por medio de ampliaciones diferenciales.

4.—Para fotografías en blanco y negro, algunos prefieren iluminación indirecta, con el fin de evitar sombras. Otros prefieren tener el sol iluminando directamente el perfil. La luz solar muy fuerte puede dar resultados no naturales debido a sombras de los agregados estructurales, cantos rodados y extremos de raíces.

Para diapositivas en color, algunos prefieren luz solar directa y un cielo brillante, aunque pueden obtenerse buenos resultados con luz indirecta, si ésta es fuerte. La buena iluminación es tan importante que en los Estados Unidos las buenas diapositivas en color, de perfiles de suelo, desde fines de primavera hasta comienzo de otoño, sólo pueden ser hechas al medio día.

5.—Las fotografías de perfiles de suelo raramente son buenas, a menos que la cámara se ponga suficientemente cerca del perfil; digamos de 1,20 a 2,40 mts. ó a un máximo de 3,60 m. Esto significa que hay que enfocar cuidadosamente, para lo cual se necesita un trípode que permita usar la más pequeña abertura requerida para lograr una buena profundidad de foco. La mayor parte de la gente puede obtener mejores resultados si usa un fotómetro para la determinación de abertura y tiempo de exposición.

6.—Cuando se ha logrado un buen ejemplo de perfil de suelo y se le ha arreglado en forma apropiada, lo más seguro es hacer tres o cuatro exposiciones en combinaciones ligeramente diferentes de abertura y tiempo de exposición. Cuando se toman fotografías en blanco y negro duplicadas se debe mover ligeramente la cámara entre cada exposición, o también se puede cambiar un poco la regla que marca la escala, con el fin de que luego sea fácil identificar las fotos con sus respectivos negativos.

EL MATERIAL ORIGINARIO DE LOS SUELOS

Se denomina **material originario** la masa no consolidada de la cual se desarrolla el sólum. Incluye el horizonte C y otros materiales sobre C de los cuales el sólum se ha desarrollado. El material no consolidado que se encuentra directamente bajo el sólum recibe la denominación de horizonte C o material originario únicamente si la evidencia sugiere que al menos una parte del sólum se ha desarrollado de material de la misma clase. Se usa el término **"roca matriz"** para designar la roca a partir de la cual se ha formado por meteorización el material originario. En muchos suelos se encuentran muy poco material meteorizado —esto es horizonte C— entre el sólum y la roca madre; en otras palabras esto significa que la formación del suelo ha avanzado al mismo paso que la meteorización. La parte superior del sólum puede desarrollarse de una clase de material y la inferior de otra. En muchos suelos el sólum se encuentra sobre un estrato geológico no consolidado inconforme, el cual no es material originario; a pesar de esto tal material se reconoce y describe en todo aquello que tenga influencia sobre el origen o comportamiento del suelo. Tales estratos se denominan capas D.

Podemos concebir la meteorización y la formación del suelo como conjuntos de procesos diferentes aunque ellos tengan mucho en común y aunque en general los dos se realicen al mismo tiempo (1). A pesar de lo anterior, se puede hacer una exposición muy convincente en la cual se considera ambos como formación del suelo, comenzando con la roca matriz como la variable independiente de un conjunto de cinco factores genéticos, en vez del material originario tal y como se ha definido aquí.

Generalmente los materiales originarios de los suelos pueden

---

(1) Véase la discusión sobre perfil del suelo y sobre el solum en la sección Identificación y Nomenclatura de los Horizontes del Suelo.

agruparse en cuatro clases: 1º Aquellas formados en el mismo lugar por medio de la desintegración y descomposición de las rocas duras de la región, 2º aquellos formados en el mismo lugar a partir de rocas suaves o no consolidadas de la región, 3º aquellos que han sido transportados del lugar de su origen y redepositados, ya sea antes de que fueran objeto de modificaciones importantes por las fuerzas constructoras del suelo, o durante tales procesos de modificación y 4º depósitos orgánicos.

La clasificación y nomenclatura de las rocas y de las formaciones geológicas cae en el campo de la geología y no se tratará acerca de ellas en este **Manual.** Los materiales geológicos deben ser definidos de acuerdo con la nomenclatura y terminología normalmente aceptadas y reconocidas, por las autoridades en tal campo. Todo jefe de levantamiento de suelos debe usar como referencias los mejores libros de texto (2), manuales y monografías sobre la geológía aplicable al área dentro de la cual se encuentra trabajando (3). Al lado de la composición litológica, deben darse los nombres de las formaciones geológicas aceptados por las autoridades en la materia, siempre que ésto pueda hacerse con una precisión razonable. Conforme progresa la investigación sobre los suelos, se encuentra una mayor correlación entre las formaciones geológicas y los nutrientes minerales de los materiales originarios y de los suelos. Ciertos materiales de terrazas así como depósitos de cenizas volcánicas, por ejemplo, que son de edad o fuentes diferentes pero sin ninguna otra distinción entre sí, pueden variar ampliamente en sus contenidos de cobalto. Las variaciones amplias en el contenido de fósforo de otros dos suelos que en todo lo demás son iguales, puede reflejar diferencias en el contenido fosfórico de dos calizas similares, las cuales sólo se pueden distinguir en el campo por medio de fósiles específicos.

En los párrafos siguientes se sugieren las principales subdivisiones de las cuatro clases de materiales originarios. Los autores recuerdan en relación a la formación de suelos que la composición litológica, es a menudo más importante que el modo de formación de la roca misma. Esto es, por ejemplo, que los suelos originados de basalto y caliza pueden estar más cercanamente relacionados, que los originados de basalto y diorita cuarzosa.

---

(2) Por ejemplo: CLARKE, F. W.: THE DATA OF GEOCHEMISTRY, Ed. 5, U. S. Geol. Survey Bul. 770, 841 pp., 1924. - LONGWELL, C. R.; KNOPF, A.; FLINT, R. F.; SCHUCHERT, C., and DUNBAR, C. O. OUTLINES OF GEOLOGY, Ed. 2, 381, 291 pp., illus. New York. 1941. - FLINT, R. F. GLACIAL GEOLOGY AND THE PLEISTOCENE EPOCH. 589 pp., illus. New York, 1947.

(3) Muchos mapas de formaciones rocosas se refieren primariamente a las rocas duras y no al manto superficial de material no consolidado, el cual puede o no ser residual de las rocas que se muestran en los mapas.

MATERIALES RESULTANTES DE LA METEORIZACION "IN SITU" DE LAS ROCAS DURAS

Los materiales resultantes de la meteorización "in situ" de las rocas duras, se distinguen de acuerdo con la naturaleza de las rocas originarias y el carácter del mismo material meteorizado. Debemos recordar siempre que los materiales originarios muy diferentes, pueden resultar a partir de rocas similares o idénticas, bajo condiciones o regímenes climáticos diferentes. Se describen, como se hace con los horizontes del sólum, textura, color, consistencia, así como otras características del material; debe agregarse toda la información útil que sea posible obtener acerca de la composición mineralógica, dureza y estructura de la misma roca matriz.

Cerca de las tres cuartas partes del área de todos los continentes están sobre rocas sedimentarias, duras o suaves y una cuarta parte está sobre rocas ígneas y metamórficas.

Rocas ígneas.—Están formadas por la solidificación de materiales fundidos, originados dentro de la tierra. El granito, la sienita, el basalto, la andesita, la diabasa y la riolita, son todas rocas ígneas características, las cuales se meteorizan para formar importantes materiales originarios.

Rocas sedimentarias.—Incluyen las rocas formadas por la consolidación de sedimentos depositados en épocas o edades geológicas anteriores. Los grupos principales de rocas sedimentarias duras son caliza, arenisca, limolita, lutita y conglomerado. Hay muchas variedades que se originan a partir de estos amplios grupos de rocas sedimentarias y muchos tipos intermedios entre ellas, tales como arenisca calcárea, caliza arenosa, etc. Muchos suelos se desarrollan a partir de sus productos de meteorización y de los de roca sedimentarias entremezcladas.

Rocas metamórficas.—Son el resultado de alteraciones profundas, tanto de rocas ígneas como sedimentarias, sobre las cuales ha actuado el calor y han soportado presión. Las clases más importantes como fuentes de materiales originarios meteorizados son: el gneis, esquisto, pizarra, mármol, cuarcita y filita.

MATERIALES ORIGINADOS A PARTIR DE ROCAS SUAVES

Otro grupo de materiales, aquellos originados de rocas suaves, caen más o menos en un lugar intermedio entre el grupo de materiales originarios minerales, derivados de rocas duras a través de la meteorización residual y el grupo derivado de materiales que han sido transportados.

Las cenizas y otros materiales volcánicos expulsados, pueden considerarse como rocas ígneas no consolidadas; pero éstas han sido movidas de su lugar originario y usualmente son más o menos modeladas por el viento y el agua.

También incluídas con las rocas suaves están los equivalentes no consolidados de las rocas sedimentarias ya mencionadas: marga, arena, limo, arcilla y grava. Usualmente estas formaciones son descritas en forma más apropiada dentro de las categorías siguientes, aunque se encuentran rocas semiendurecidas las cuales son de dureza y consolidación intermedias entre las claramente reconocidas como rocas y las esencialmente no consolidadas. La creta, por ejemplo, es una de ellas y puede definirse como una caliza terrosa con dureza menor de 2.

Caliche es un término muy amplio y se usa para designar el material calcáreo secundario, que estratificado se encuentra cerca de la superficie. Según la acepción corriente del término, el caliche puede ser suave y se le puede reconocer como el horizonte Cca del suelo; o puede existir en capas gruesas duras bajo el sólum o expuestas en la superficie, especialmente en regiones templado-cálidas o cálidas en donde la precipitación es baja. La forma endurecida también es denominada "croûte calcaire" (costra calcárea).

En la clase intermedia están los depósitos de tierras diatomáceas, formadas a partir de residuos silíceos de plantas primitivas llamadas diatomeas.

MATERIALES TRANSPORTADOS

Si se toma el mundo en su totalidad, el material originario de mayor importancia es tal vez el amplio grupo constituído de materiales que han sido movidos de su lugar de origen y han sido luego redepositados durante los procesos de meteorización, o durante alguna fase de esos procesos, y los cuales consisten de formaciones no consolidadas o son el producto de meteorización. Los grupos principales de estos materiales usualmente reciben nombres que concuerdan con la fuerza principal responsable de su transporte o redeposición. En la mayoría de los lugares se puede tener suficiente evidencia para hacer una determinación clara; en otros el origen preciso es dudoso.

En la morfología y clasificación de suelos, es de una importancia excepcional observar y describir las características del material en sí. No es suficiente identificar simplemente el material originario como aluvión, loess o "till" glacial. Estas denominaciones se usan para suplementar las descripciones del material y si existe duda o incertidumbre en cuanto al nombre correcto, ello se debe mencionar. Es a menudo imposible, por ejemplo, estar seguro de si un depósito limoso es aluvión, loes o el resultado de la meteorización residual. Algunas corrientes de lodo no pueden distinguirse del "till" glacial. Hay un "till" glacial arenoso que es casi idéntico a un "outwash" arenoso. Estas distinciones, que son difíciles, son de poca importancia.

Materiales transportados y redepositados por el agua

Aluvión.—Es el material de mayor importancia transportado y redepositado por el agua. Consiste de sedimentos depositados por las corrientes. Puede encontrarse en terrazas situadas muy por encima de las corrientes actuales, o en los fondos que normalmente son inundados por las corrientes actuales. Restos de terrazas muy viejas pueden encontrarse en campos disecados y alejados de cualquier corriente actual. A lo largo de muchas corrientes viejas normalizadas hay una serie completa de depósitos aluviales dispuestos en terrazas: estas son jóvenes en la llanura de inundación inmediata y poco a poco hacia arriba se llega hasta las más viejas. Algunas veces también, se encuentra aluvión reciente cubriendo terrazas más viejas.

Generalmente, el aluvión puede dividirse en dos grupos principales de acuerdo con su origen: (1) Aluvión local, como el que se encuentra en la base de las pendientes y a lo largo de pequeñas corrientes que fluyen de hoyas de drenaje pequeñas y de material edáfico y rocoso casi homogéneo, y (2) aluvión general de origen mixto, como el que se encuentra a lo largo de los cursos de las corrientes mayores.

Coluvión.—La distinción entre aluvión y coluvión es algo difícil y arbitraria. Algunas autoridades sostienen que el coluvión es, en el sentido estricto de la palabra, el material movido principalmente por la influencia de la gravedad y muy poco clasificado, si es que se ha clasificado algo. Estas autoridades incluyen bajo aluvión todos los materiales originalmente movidos por el agua. Sin embargo, el nombre se usa generalmente para designar los materiales pobremente clasificados que se encuentran en la base de pendientes fuertes y los cuales han sido movidos por gravedad, acción de congelamiento, deslizamiento de tierras y deslaves locales. En el oeste medio de los Estados Unidos, por ejemplo, los edafólogos usan generalmente el término coluvión para referirse a la parte del aluvión local que se acumula en la base de las pendientes y que han sido transportado por movimientos de tierras y deslaves locales.

Depósitos lacustres.—Estos depósitos consisten de materiales que se han asentado en las aguas quietas de los lagos. Los materiales asentados en lagos de aguas frescas asociados con acción glacial, se incluyen comúnmente como un subgrupo del título "drift" glacial. Sin embargo, además de éstos hay otros depósitos lacustres, incluyendo los del Pleistoceno, los cuales no están asociados con glaciares continentales. Algunas cuencas de viejos lagos en la parte oeste de los Estados Unidos son denominadas comúnmente depresiones estériles **(playas)** y pueden ser más o menos salinas, lo cual depende del clima y del drenaje.

Sedimentos marinos.—Estos sedimentos han sido removidos por el mar y más tarde han sido expuestos, en forma natural o debido a la construcción de diques y canales de drenaje. Varían grandemente en su composición mecánica y litológica; algunos de ellos se parecen a los depósitos lacustres.

Depósitos de playas.—Estos depósitos constituidos por lomos bajos de materiales muy bien clasificados, a menudo gravosos, pedregosos o formados por cantos rodados, marcan las líneas costeras de viejos niveles marinos o lacustres. Los formados en las playas de lagos glaciales se incluyen generalmente como "drift" glacial y se definen en otro grupo.

Materiales movidos y redepositados por el viento

Los materiales acarreados por el viento se dividen generalmente en dos clases, principalmente de acuerdo con su textura. Los de carácter fundamentalmente limoso reciben el nombre de **loess** y aquellos constituidos principalmente por arena se llaman **arenas** eólicas, las cuales comúnmente, pero no siempre, forman **dunas (4).**

Ha sido sumamente difícil tanto para geólogos como para edafólogos, definir el término loess con precisión. Los depósitos de loess son típicamente muy limosos, aunque contienen cantidades significativas de arcilla y arena fina. Generalmente, aunque no siempre, el material es calcáreo. La mayoría de los depósitos de loess son de color pardo pálido a pardo, aunque a veces son comunes los colores gris y rojo. Los depósitos de espesor considerable son generalmente macizos, con algunas grietas grandes, verticales. Las paredes de los cortes de carreteras en loess de mucho espesor permanecen casi verticales por largos años; sin embargo, muchos otros depósitos limosos, formados por procesos diferentes, tienen algunas o todas de estas características. También parte del limo transportado por el viento ha sido lixiviado y fuertemente meteorizado, de modo que es ácido y rico en arcilla. Por otro lado, hay depósitos jóvenes de materiales areno-fino limosos transportados por el viento también llamados loess, y los cuales tienen una cantidad de arcilla excesivamente baja.

Las dunas de arena, especialmente en las regiones húmedas, se caracterizan por la arena, especialmente fina o media, la cual es muy rica en cuarzo y baja en minerales formadores de arcilla. Sin embargo, pueden observarse casi todas las transiciones entre los materiales limosos transportados por el viento, llamados loess y los materiales muy arenosos de las dunas de arena características. Especialmente en los desiertos y semidesiertos, las dunas de arena pueden contener una gran cantidad de carbonato de calcio y de minerales formadores

(4) En algunas localidades el "loess" es llamado algunas veces "loam", indiferentemente de su textura actual. Algunas veces los depósitos de materiales eólicos relativamente uniformes reciben el nombre de cobertura de arena.

de arcilla que se descompondrían hasta formar arcilla en un medio de mayor humedad. Pueden encontrarse dunas de arena, usando en este caso el término arena en su sentido puramente textural, las cuales consisten casi totalmente de carbonato de calcio o de yeso.

Durante períodos de sequía y en los desiertos, los movimientos de los vientos locales pueden amontonar material edáfico de textura mezclada y aún materiales muy ricos en arcilla. Los montones de tales materiales han sido denominados "dunas de suelo" o "dunas de arcilla". Sin embargo, es mejor usar expresiones tales como materiales depositados por el viento" para las acumulaciones locales de materiales de texturas mezcladas, los cuales han sido movidos por el viento, en vez de identificarlos como loess o dunas.

Materiales movidos y redepositados por procesos glaciales

Las varias clases de materiales movidos y redepositados por procesos glaciales son los siguientes:

"Drift" glacial.—El "drift" glacial consiste de todos los materiales recogidos, mezclados, desintegrados, transportados y depositados por medio de la acción del hielo glacial o de agua resultante primariamente del deshielo de glaciales. En muchos lugares los residuos glaciales han sido recubiertos por loess. Los mantos de loess profundos son usualmente fáciles de reconocer, pero los muy delgados están tan alterados por las fuerzas formadoras del suelo que apenas pueden diferenciarse de los residuos modificados.

"Till" o "till" glacial.—Incluye la parte del "drift" glacial depositado directamente por el hielo y en cuyo transporte no ha actuado el agua, o solo lo ha hecho en muy pequeña escala. Generalmente está formado por una mezcla heterogénea sin consolidar ni estratificar, de arcilla, limo, arena, grava y algunas veces, cantos rodados. El "till" puede encontrarse en las morrenas inferiores, terminales, medias y laterales. A menudo es importante diferenciar entre los "tills" de diferentes épocas glaciales. A menudo uno se encuentra debajo de otro y pueden estar separados por otros viejos depósitos o por viejas superficies meteorizadas (5). Muchos depósitos de "till" glacial fueron lavados más tarde por lagos, pero sin sufrir adiciones importantes. La parte superior de este "till" erosionado por las olas es excepcionalmente rica en fragmentos gruesos cuya presencia se debe a la acción de las olas de los lagos glaciales. Los "drumlins" son largos lomos bajos de "till" glacial en forma de cigarro, de perfil suave, con largos ejes dispuestos paralelamente a la línea de movimiento del hielo.

---

(5) En el Oeste Medio de los Estados Unidos, el término *gumbotill* se aplica a las arcillas tenaces, generalmente grises, plásticas cuando se humedecen y duras cuando secas, las cuales han sido meteorizadas a partir de "till" de las glaciaciones de Nebraska, Kansas e Illinois durante los períodos interglaciales.

El "till" varía ampliamente en textura, composición química y grado de meteorización subsecuente a su deposición. La mayor parte es ligera, moderada o fuertemente calcárea; pero una importante parte de él no es calcáreo debido a la contribución de rocas no calcáreas o dolomíticas, o debido a lixiviaciones subsecuentes y a meteorizacion química. En la clasificación detallada de los suelos se deben reconocer cinco grupos de "till" de acuerdo con la textura: 1º de textura gruesa, suelto, poroso, formado principalmente por una mezcla de arena, grava, guijarros y cantos rodados; 2º arenoso con algo de grava y tal vez algunas pocas piedras y un poco de arcilla; 3º "till" de textura media, granzonoso, que posee una mezcla relativamente balanceada de arena, limo y arcilla, con o sin piedras y cantos rodados; 4º "till" limoso de textura media, relativamente libre de partículas granzonosas; y 5º de textura fina, en el cual hay un predominio de limo-arcilla.

Depósitos glaciofluviales.—Están constituídos de materiales producidos por glaciares y transportados, mezclados y depositados por el agua, principalmente por aquella originada por el deshielo del glaciar.

El más importante de estos es el "outwash" glacial, el cual es un término amplio que incluye todo el material arrastrado, mezclado y depositado más allá del frente del hielo del glaciar por las corrientes de agua de deshielo. Comúnmente estos "outwash" existen en forma de llanuras, valles escalonados, o deltas de viejos lagos glaciales. Los valles escalonados del "lavado" pueden extenderse muy lejos del avance más lejano del hielo.

Especialmente cerca de las morrenas, los materiales del "outwash" clasificados pobremente, pueden existir en "kames", "eskers" y rellenos de las grietas del glaciar. (x)

Depósitos de playas glaciales.—Consisten de grava y arena y marcan las líneas de playa de lagos glaciales antiguos. Dependiendo del carácter del residuo original, pueden ser arenosos, gravosos, de guijarros o pedregosos.

Materiales glaciolacustres.—Estos materiales oscilan desde arcillas hasta arenas finas. Han sido derivados de glaciales, asentados y modelados en los lagos glaciales. Muchos de ellos están embebidos o laminados. Las pequeñas marcas horizontales expuestas en una sección de arcilla glaciolacustre, relacionadas cada una con la deposición de un año y de una estación de deshielo, reciben el nombre de varvas.

(*) *N. del T.*: "Kames" son montecillos de pendientes fuertes, formados por materiales fluvioglaciales depositados originalmente en grietas y depresiones del glacial. "Eskers" son lomas bajas y largas, compuestas de arena, limo y grava estratificados, depositados originalmente por ríos que atravesaban túneles en el fondo del glacial.

Se pueden encontrar magníficos ejemplos de todos los materiales y formas escritas en los párrafos precedentes; sin embargo, en muchos lugares no es fácil distinguir claramente entre las diversas clases de residuos con base en el modo en que se originaron y en la forma del terreno. En algunos lugares, por ejemplo, las llanuras de "outwash", llenas de fosos, difícilmente pueden distinguirse del "till" arenoso de las morrenas terminales. A menudo es difícil distinguir entre el "till" ondulado y los materiales lacustres. Debemos recordar continuamente que estos nombres únicamente dan una idea acerca de las características actuales del material originario. Definitivamente puede decirse que el modo de origen del material originario no constituye una base suficiente por sí misma para separar unidades de clasificación de suelos.

Materiales movidos y redepositados por la gravedad

El **coluvión** es, de acuerdo con la definición estricta de algunos, el material no clasificado o ligeramente clasificado que se encuentra en la base de las pendientes, acumulado principalmente en forma de fragmentos rocosos que han caído por la influencia de la gravedad. En su forma extrema este material recibe la denominación de talud. Los fragmentos rocosos son angulares en este caso, en contraste con los fragmentos redondeados y cantos rodados que se encuentran en las terrazas aluviales y "outwash" glacial. Como se ha dicho antes, el término coluvión se usa generalmente para designar aquella parte de los materiales aluviales locales pobremente clasificados, que se han acumulado en la base de las pendientes, en depresiones o a lo largo de los pequeños cursos de agua, por medio de la gravedad, deslizamientos de suelo y deslaves locales.

MATERIALES ORGANICOS

En lugares húmedos en donde la materia orgánica se forma más rápidamente de lo que se descompone, se forman depósitos de turba. Estas turbas a su vez se transforman en material originario para los suelos. Si los remanentes orgánicos están suficientemente frescos e intactos para que permitan la identificaón de la forma de las plantas, el material se denomina **turba peat.** Si, por otro lado, el material ha sufrido una descomposición suficiente para hacer imposible el reconocimiento de las partes de las plantas, el material se denomina "muck". Hablando en forma general, el "muck" tiene un contenido mineral o de cenizas más alto que la turba, debido a que en los procesos de descomposición la ceniza presente en la vegetación se va acumulando. A pesar de lo anterior, el contenido total de minerales o cenizas no constituye guía para distinguir entre turba y "muck". Además de la acumulación de minerales por medio de la

descomposición de la vegetación, grandes cantidades de materia mineral pueden introducirse en las formaciones de turba procedente de deslaves de las tierras más altas circundantes, por medio del viento y por medio de cenizas volcánicas. Se encuentran turbas casi crudas que contienen 50 por ciento de materia mineral como cenizas volcánicas, las cuales ejercen únicamente una pequeña influencia sobre la turba.

El color, la textura, compactabilidad y otras características de los materiales turbosos en los suelos deben describirse. Las clases generales principales de turba, de acuerdo principalmente con su origen son: 1º leñosas, 2º fibrosas, 3º musgosas, 4º sedimentarias y 5º coluviales.

CARACTERISTICAS Y ORIGEN DEL MATERIAL ORIGINARIO

Tanto los materiales consolidados como los no consolidados que se encuentren bajo el sólum y que influencien la génesis y comportamiento del suelo, deben ser descritos en términos estandar. Además de las observaciones en sí, el científico debe anotar su juicio acerca del origen del material originario del cual el sólum se ha desarrollado; no debe olvidarse sin embargo que los hechos observados deben separarse en forma clara de las deducciones, y en donde es importante, debe sugerirse una indicación de la probabilidad relativa de las relaciones.

La dureza, composición litológica y permeabilidad de los materiales que se encuentran directamente bajo el sólum son especialmente importantes. Debe anotarse las estratificaciones texturales, líneas de piedras y observaciones similares, las cuales evidencian la estratificación del material. Muchos suelos se han desarrollado evidentemente a partir de materiales originarios estratificados, otros parecen haberse desarrollado a partir de materiales uniformes como el que se encuentra inmediatamente bajo el sólum, aunque muy pocas veces se puede estar seguro si no se tienen datos químicos, físicos y mineralógicos de muestras de los horizontes. Conforme avanza la formación del suelo y la meteorización en formaciones geológicas interestratificadas, con la erosión geológica o natural, los suelos desarrollados de materiales meteorizados de una clase de roca, por ejemplo caliza, se encuentran sobre otros meteorizados a partir de otras rocas, digamos lutita o arenisca. Comúnmente las capas superiores de los depósitos de "outwash" fueron depositados por aguas en movimiento más lento y son de texturas más finas que las capas inferiores. Los ejemplos de complicaciones de esta clase no tienen fin. También se presenta el caso de que los cambios geológicos avancen al mismo paso que la formación del suelo. En donde loess o cenizas han sido depositados en corto tiempo sobre suelos viejos, estos suelos enterrados pueden preservarse bien. De otra parte cuando el material mineral se acumula muy lentamente, el sólum sólo aumen-

ta su espesor en forma gradual. En estos lugares el material que se encuentra bajo el sólum fué una vez parte constituyente de él, mientras que ahora ha quedado enterrado a profundidades que se encuentran más allá de a influencia de las fuerzas biológicas.

En donde se encuentren suficientemente cerca de la superficie rocas duras u otros materiales tuertemente contrastantes que afecten el comportamiento del suelo, debe medirse con exactitud su profundidad; la profundidad del sólum, o del sólum y material originario sobre tales formaciones inconformes, constituye un criterio importante para distinciones entre series y entre fases.

FORMA DEL TERRENO, RELIEVE Y DRENAJE

La forma del terreno es una parte esencial del suelo, cuando a éste se le concibe como un paisaje tridimensional que resulta del efecto sintético de todos los materiales y procesos de su ambiente. Las clases de perfiles de suelo están asociadas con las clases de formas del terreno que influencian su génesis. Aunque como todos los demás rasgos del suelo, la forma del terreno por sí misma no es siempre una base suficiente para diferenciar entre series de suelos, usualmente está asociada con otras características diferenciadoras. Diferencias importantes tanto en material originario como en perfil del suelo son comúnmente covariantes con diferencias en la forma del terreno.

La mayoría de las series y tipos de suelos guardan una estrecha relación con el modelado del terreno. Sin embargo, hay excepciones. Los suelos de dos regiones pueden desarrollarse de loess profundo, digamos, depositado sobre una morrena inferior en una región, y en otra, sobre una terraza. Los perfiles de suelo, pendientes y otras características pueden ser similares en las dos regiones, a pesar de lo cual el terreno sobre la terraza vieja puede estar mejor suplido de agua en el substrato. En tal caso la serie de suelo debe subdividirse en fases, siendo la fase típica la que se encuentra sobre la morrena inferior y una **fase de terraza**, la del suelo que se encuentra sobre la terraza vieja. Los edafólogos le han venido concediendo importancia cada vez mayor en la clasificación e interpretación de los suelos a la forma del terreno. Los materiales que se encuentran en terrazas, depósitos de cenizas volcánicas y otras formaciones de edades y orígenes diferentes, los cuales en el campo parecen similares, pueden tener composiciones químicas significamente diferentes. En donde se presentan diferencias substanciales en textura, minerales arcillosos o contenido de calcio, los materiales en sí, así como los suelos desarrollados de ellos se pueden distinguir fácilmente; sin embargo, las diferencias en cobalto y otros micro elementos de gran importancia para el uso y manejo del suelo, algunas veces no están asociados con otras características del material, suscepti-

bles de ser reconocidas en el campo. En muchos de estos casos el origen geológico está asociado con la forma del terreno, el cual a su vez, sirve como base de los pronósticos para agricultores y consejeros agrícolas.

Otros ejemplos importantes, entre muchos, que muestran la necesidad de estudios cuidadosos sobre la forma del terreno, se pueden encontrar en áreas de viejos rellenos de valle, formados por conos de deyección de pendientes suaves, que se han unido y que son de origen y estratigrafía diferentes. Una gran parte de los suelos bajo riego en el mundo, se encuentran en valles de esta índole. Una clasificación digna de confianza de los suelos de estos valles se facilita mucho cuando se logra una clara comprensión del origen de las diversas superficies, especialmente en lo que a ellas se relacionan con los pronósticos de las condiciones de drenaje y los problemas que surgen cuando se suple agua a los suelos.

Las formas del terreno debe nombrarse y describirse en términos usados y aceptados corrientemente por los fisiógrafos y geomorfólogos. Todo equipo de levantamiento de suelos debe usar los textos y monografías más autorizadas que se apliquen al área bajo estudio (1).

RELIEVE

Algunas veces el término **relieve** se usa en forma amplia para indicar simplemente las diferencias en elevación dentro de una zona, o tal vez únicamente las diferencias entre la altura mayor y menor de una región. En forma más precisa, sin embargo, relieve implica elevación relativa y ha sido definido como las elevaciones o irregularidades de una superficie de terreno considerada en su totalidad.

El término **microrrelieve** se refiere a las pequeñas diferencias de relieve. En regiones de microrrelieve similar, la superficie puede ser casi uniforme o puede estar interrumpida por montículos, pantanos o fosos de pocos metros de ancho y de diferencias en elevación de 0.30 m. a un metro y aún menos, que son significativas. (figs. 24 y 25).

---

(1) Algunos textos generales útiles son los siguientes:
COTTON, C. A. CLIMATIC ACCIDENTS IN LANDSCAPE MAKING. 354 pp., illus. Christchurch. New Zealand, 1942.

— LANSCAPE AS DEVELOPED BY THE PROCESSES OF NORMAL EROSION, Ed. 2,509 pp. New York, 1948.
FENNEMAN, N. M., PHYSIOGRAPHY OF WESTERN UNITED STATES. 534 pp., illus. New York, 1931.

— PHISIOGRAPHY OF EASTERN UNITED STATES. 714 pp., illus. New York, 1938.
LOEBECK, A. K., GEOMORPHOLOGY. 731 pp., illus. New York, 1939.
VON ENGELN, O. D., GEOMORPHOLOGY. 655 pp., illus. New York, 1942.

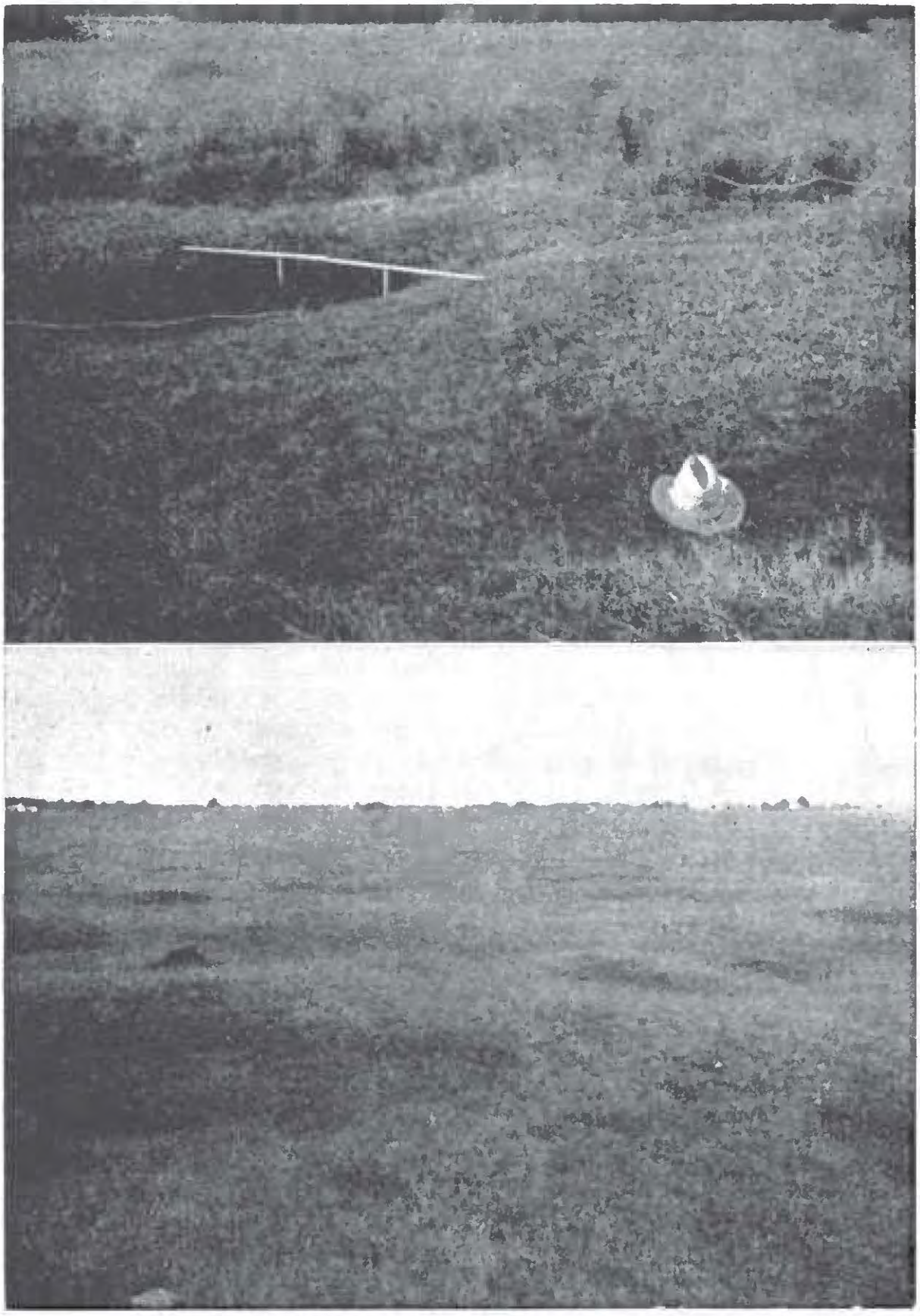


Fig. 24. — Características de microrrelieve del tipo gilgai: Vista superior en arcilla Irving, cerca de Millican, Texas; abajo, en arcilla Bell, 24 kilómetros al suroeste de Sollege Station, Texas.



Fig. 25. — **Microrrelicve característico de un suelo Solonetz-solodizado truncado. Los lugares hajos recihen algunas veces la denominación de manchas sarnosas. Oeste de Dakota del Norte.**

Como buenos ejemplos se pueden citar: 1º el relieve de los Podzoles hidromórficos con sus lomas (craddle Knolls) características, 2º Solonetz-solodizados truncados, con manchas bajas desnudas, 3º Solonchak esponjado, con montículos, 4º los montículos pequeños, **montículos de sotos,** los cuales se han formado por el material estabilizado alrededor de arbustos del desierto, y 5º el microrelieve **gilgai** (2) de arcilla que tiene altos coeficientes de expansión y contracción con cambios de humedad. Este microrrelieve consiste de una sucesión de micro-hoyas encerradas en micro-lomas en áreas casi a nivel o de micro-valles y micro-serranías que se orientan en el sentido de la pendiente.

El término **topografía** tiene una significación similar a relieve, pero se ha venido usando para indicar los rasgos que se muestran en un mapa con curvas a nivel. Algunos lo usan para indicar todos los rasgos culturales y naturales que se muestran ordinariamente en un mapa topográfico. En las descripciones de suelos deben usarse términos más específicos que topografía, tales como relieve, fisiografía, forma del terreno o pendiente.

Por **pendiente del suelo** se entiende la inclinación de la superficie del área del suelo. Es una parte integral de cualquier suelo en su condición de cuerpo natural y de ninguna manera algo separado.

(2) El nombre *gilgai* es originario de Australia en donde este fenómeno es extensivo y se ha desarrollado en grados extremos, con microrrelieve de hasta 0,60 mts. Se usa un número de nombres comunes de significación similar o traslapada, entre otros: manchas de leopardo, franjas de tigre, hinchado, corrugado y huecos y montículos.

La pendiente simple y única se define por su gradiente, forma y largo. Las pendientes pueden definirse como simples o complejas, o como conjuntos de clases de pendiente, según sea el detalle del levantamiento y el carácter de las áreas del suelo.

El relieve y los perfiles genéticos

El relieve influye sobre la formación del suelo, en primer lugar por medio de su efecto sobre el drenaje, el escurrimiento y la erosión (3), y secundariamente a través de las variaciones en exposición al sol y al viento y en el movimiento del aire.

Teóricamente por lo menos, el agua que cae en una superficie de un suelo permeable perfectamente a nivel penetra en él hasta saturarlo o sellarlo para luego colectarse sobre la superficie y formar un manto. Desde luego que son muy raros los suelos planos y permeables. El agua de lluvia se reúne en las depresiones, no importa lo ligeras que ellas sean, y penetra más rápidamente en algunos suelos que otros. Debido al escurrimiento, los suelos situados en pendientes fuertes reciben menos agua que el promedio, mientras que los que se encuentran en depresiones reciben más.

La cantidad de agua que entra y pasa a través del suelo depende de la permeabilidad tanto del sólum como del substrato, el relieve y el clima. En regiones en donde las lluvias son casi continuas, los suelos de pendiente muy fuerte pueden también tener un drenaje muy imperfecto. Los suelos que se encuentran casi a nivel y sobre materiales muy permeables, sutren un drenaje excesivo aún en climas húmedos, a menos de que el nivel freático se encuentre muy cerca de la superficie. Es por esto que las relaciones específicas que existen entre relieve o pendiente del suelo y génesis en una combinación de clima y material edáfico, no pueden aplicarse a otra combinación significativa.

En relación a la génesis del suelo, puede reconocerse cuatro posiciones generales de relieve. Las definiciones de estas posiciones en términos de pendientes simples o complejas, varía con las regiones climáticas y aún sobre materiales geológicos diferentes dentro de la misma región. Considerando todas las combinaciones posibles de clima y material originario en el mundo, los suelos en cada una de estas cuatro posiciones de relieve tienen una amplia variación de pendiente. Dentro de cada una, y entre ellas, se deben reconocer posiciones intermedias cuando se trabaja en clasificación detallada. Las cuatro posiciones generales de relieve se describen en los párrafos siguientes:

1. **Relieve normal.**—En esta posición están las tierras altas pendientes con escurrimiento medio. Bajo la vegetación natural, la

(3) La referencia se hace en relación a erosión hídrica y no a la eólica.

erosión normal remueve materiales conforme el suelo se profundiza; de esta manera las capas subyacentes aportan al suelo minerales relativamente nuevos (4). Esta es la posición de relieve de un suelo normal, incluyendo modales representativos de los grandes grupos zonales de suelos. La pendiente actual de un suelo, en términos cuantitativos, varía con las diferentes combinaciones de clima y material originario.

2. . . **Relieve subnormal.**—En esta posición están las tierras altas que van de casi planas a pendientes, con escurrimiento de lento a muy lento. La erosión bajo condiciones de vegetación natural es tan lenta que en las regiones húmedas hay acumulación en la superficie de materiales lixiviados. El sólum es relativamente estable y no se profundiza en forma gradual como sucede con muchos suelos en la posición normal. Con el tiempo necesario, generalmente se forman capas de arcilla y capas duras a partir de materiales de composición química y mecánica mixta. Los suelos en esta posición tienen a menudo capas freáticas que fluctúan; o fijas, cercanas a la superficie parte del tiempo. Los Planosoles y la Laterita hidromórfica se encuentran típicamente en esta posición. Suelos característicos de esta posición de relieve pueden encontrarse en pendientes bastantes fuertes en regiones muy húmedas y en pendientes en donde se escurre el agua.

3. **Relieve excesivo.**—Esta es la posición de relieve para colinas y tierras altas colinosas que tienen aguas de escurrimiento de rápidas a muy rápidas y una erosión mayor que las áreas de las posiciones normales asociadas. El desarrollo del suelo se detiene debido a una erosión rápida, a una percolación reducida del agua a través del suelo y a falta de humedad para el desarrollo de vegetación responsable de la formación del suelo. Característico de esta posición de relieve son los suelos Esqueléticos y los asociados esqueléticos de otros suelos. Cuando las demás condiciones son iguales, la pendiente mínima para materiales muy lentamente permeables de regiones secas es relativamente pequeña y relativamente grande para materiales permeables de regiones húmedas.

4. **Relieve plano o cóncavo.**—En esta posición de relieve están las tierras bajas o depresiones, casi a nivel, con escurrimiento muy lento o sin escurrimiento del todo, con exceso de agua todo el tiempo o la mayor parte de él, y sin erosión natural. Tales tierras retienen la totalidad o la casi totalidad del agua que reciben por lluvia y a

(4) La cantidad y el carácter de la erosión natural varía ampliamente entre los grandes grupos de suelos. En los suelos Lateríticos Rojos, por ejemplo, es relativamente grande mientras que en los Chernozem es relativamente pequeña y aún insignificante. En aglunos suelos como los de Tundra, por ejemplo, la erosión natural ocurre como una sucesión de deslizamiento en vez de ser laminar. (Véase la primera parte de la sección que trata sobre Erosión Acelerada del Suelo.)

menudo reciben una cantidad adicional de tierras altas adyacentes. Los suelos intrazonales Halomórficos e Hidromórficos son típicos en esta posición. Suelos característicos de esta posición pueden encontrarse sobre pendientes fuertes en regiones muy húmedas de lluvias casi contínuas.

En cualquier zona de suelos se puede encontrar un grupo de series de suelos que contrastan fuertemente y que se extienden sobre las cuatro posiciones de relieves descritas, a pesar de que han sido desarrollados de material originario similar. Tal grupo de series de suelos reciben el nombre de catena (5).

Se han hecho intentos para desarrollar grados uniformemente definidos, o clases de perfiles, a menudo indicados por números, de acuerdo con las evidencias del drenaje natural y la forma del terreno o relieve. Estos esquemas son interesantes como guías de clasificación y para recordar las características, pero no se recomiendan, pues con facilidad pueden conducir a equivocaciones. Los rasgos del perfil son el producto de una variedad tan amplia de factores genéticos que no existen necesariamente paralelos análogos en diferentes regiones de suelos, ni aún en materiales originarios diferentes dentro de la misma región de suelos. Una catena puede representarse apropiadamente por medio de cuatro o cinco perfiles, mientras que otra puede necesitar diez. Si un esquema uniforme tiene previsiones suficientes para acomodar la segunda catena, ello puede inducir al edafólogo a buscar y establecer demasiadas situaciones para la primera catena, o tal vez a hacer distinciones en lugares inapropiados. Cada catena debe definirse en forma independiente.

Características de la pendiente del suelo

En la definición de las unidades de clasificación de los suelos. especialmente en los levantamientose detallados de suelos, se debe dar atención especial a la pendiente del suelo. Dentro de las variaciones de pendiente permisibles de muchos tipos de suelos, es necesario definir fases, en términos de pendiente, que indiquen diferencias significativas en su uso y manejo. Como en otras características edáficas importantes, la significación relativa de las diferencias de pendiente depende de las demás características del suelo. Las clases amplias de pendientes del suelo, definidas en términos únicamente de porcentaje, sin referencia a otras características no guardan una relación consistente con las capacidades de uso del suelo. Es por esto que la definición de las clases de pendiente entre los tipos de suelo deben ajustarse en tal forma que los linderos queden en donde

(5) En Africa Oriental, el término *catena* se usa en un sentido algo más amplio para designar grupos de suelos sobre relieves contiguos, formados de materiales originarios similares o no. Véase MILNE, G, en colaboración con BECKLEY, V. A.; JONES, G. H.; GETHIN, MARTIN, W. S.; GRIFFITH, G., y RAYMOND, L. W., A PROVISONAL SOIL MAP OF EAST AFRICA (KENYA, UGANDA, TANGANYIKA, AND ZANZIBAR) WITH EXPLANATORY MEMOIR. 34 pp., illus. London, 1936.

ocurren cambios significativos de pendiente en la clase particular de suelo, de modo que no se agreguen al mapa líneas sin significación.

Hasta el presente, se ha dado a la gradiente de la pendiente —y únicamente a esta sola característica de la pendiente— un énfasis indebido en relación con sus demás características como son: la forma el largo y la disposición. La nomenclatura para las clases de pendiente sirve para el reconocimiento de unidades clasificadas como: 1º pendientes primarias sencillas y 2º pendiente primarias complejas. Actualmente, en la práctica, se da consideración al relieve del terreno en su totalidad y también a áreas individuales de suelo dentro de ese total. Por ejemplo, en un terreno ondulado, la pendiente de un área particular de suelo que si se considera en forma independiente puede ser simple, se incluye en el grupo complejo. En contraste con lo anterior, las pendientes de los suelos de conos de deyección y las de los que se encuentran al pié de laderas montañosas, se consideran como simples.

Las variaciones permisibles para cada pendiente de suelo se describen para cada unidad cartográfica. Los rasgos significativos de la pendiente no pueden incluirse en la nomenclatura excepto cuando se las incluye en las descripciones de las unidades de clasificación, especialmente de las series y tipos. Aun cuando hayan fases dentro de diferentes tipos o series de suelos que reciban el mismo adjetivo, como por ejemplo "pendientes", esto no significa ni quiere significar que no hayan otras diferencias importantes en las características de la pendiente entre las dos unidades y ni siquiera que las dos son enteramente similares en la gradiente de la pendiente. A menudo las características de la pendiente, aún más importantes que la gradiente, tales como forma, largo, dirección y disposición están implícitas en los nombres de las series y no por medio de adjetivos en el nombre de la fase, que se refieren únicamente a la pendiente. Por esto las clases de pendiente deben tenerse simplemente como unidades convenientes de gradiente de la pendiente, limitadas arbitrariamente en términos de porcentaje en forma análoga, por ejemplo, a las clases utilizadas en la caracterización del pH, como "Medianamente ácido", "fuertemente ácido", etc.

En el estudio y descripción de los suelos, la pendiente del suelo debe recibir atención no sólo por sus relaciones con el origen del suelo, sino que deben considerarse los aspectos prácticos de la pendiente del suelo bajo condiciones probables de uso y manejo: estas son 1º la proporción y la cantidad del escurrimiento, 2º la susceptibilidad a la erosión del suelo y 3º el uso de la maquinaria agrícola. Ninguna de estas varía como función linear de solo el grado de la pendiente, excepto en donde otras características de la pendiente y del suelo sean similares. Es bien conocido que algunos suelos si son cultivados en pendientes hasta de uno por ciento no están sujetos a erosión, mientras que los de pendientes de 2 por ciento sí están

sujetos a erosión; por otro lado, los suelos latéríticos de regiones tropicales húmedas altamente permeables, no sufren erosión acelerada significativa de pendientes tan grandes como 40 por ciento y aún más. El uso de maquinaria y la rapidez y cantidad del escurrimiento dependen también de muchas otras características del suelo además del grado de la pendiente. Es por esto que para llegar a una definición para cualquier unidad o fase de suelos, en términos de porcentaje del grado de la pendiente, deben evaluarse todas las características edáficas importantes en relación con todos los aspectos significativos del uso del suelo.

Clasificación de acuerdo con los grados de pendiente del suelo. La pendiente del suelo se mide corrientemente por medio del nivel de mano (fig. 26) y se expresa en términos de porcentaje, o sea la diferencia de la elevación en metros por cada 100 metros horizontales. Así una pendiente de 45º equivale a 100 por ciento, dado que la diferencia en elevación entre dos puntos que estén a 100 metros uno del otro en el sentido horizontal, será de 100 metros.

Se ha establecido clases de pendientes con límites mínimos y máximos, de modo que todas las pendientes del suelo dentro de una clase dada caigan dentro de límites amplios y aún permitan flexibilidad suficiente para hacer definiciones y subdivisiones más estrechas conforme lo requieren las aplicaciones específicas a diferentes tipos de suelo.

En las clases de pendiente se prevee el reconocimiento de pendientes simples o complejas según sea el caso, aunque las diferenciaciones no sean obligatorias. En general los términos se aplican a las pendientes simples excepto en zonas donde por mucho tiempo se hayan usado estos términos para pendientes complejas, y en donde por tanto sean de mayor significación en relación a ellas o donde el relieve es muy complejo como en el caso de áreas de dunas y de "dolinas". Las clases de pendiente no siempre se pueden convertir a unidades cartográficas.

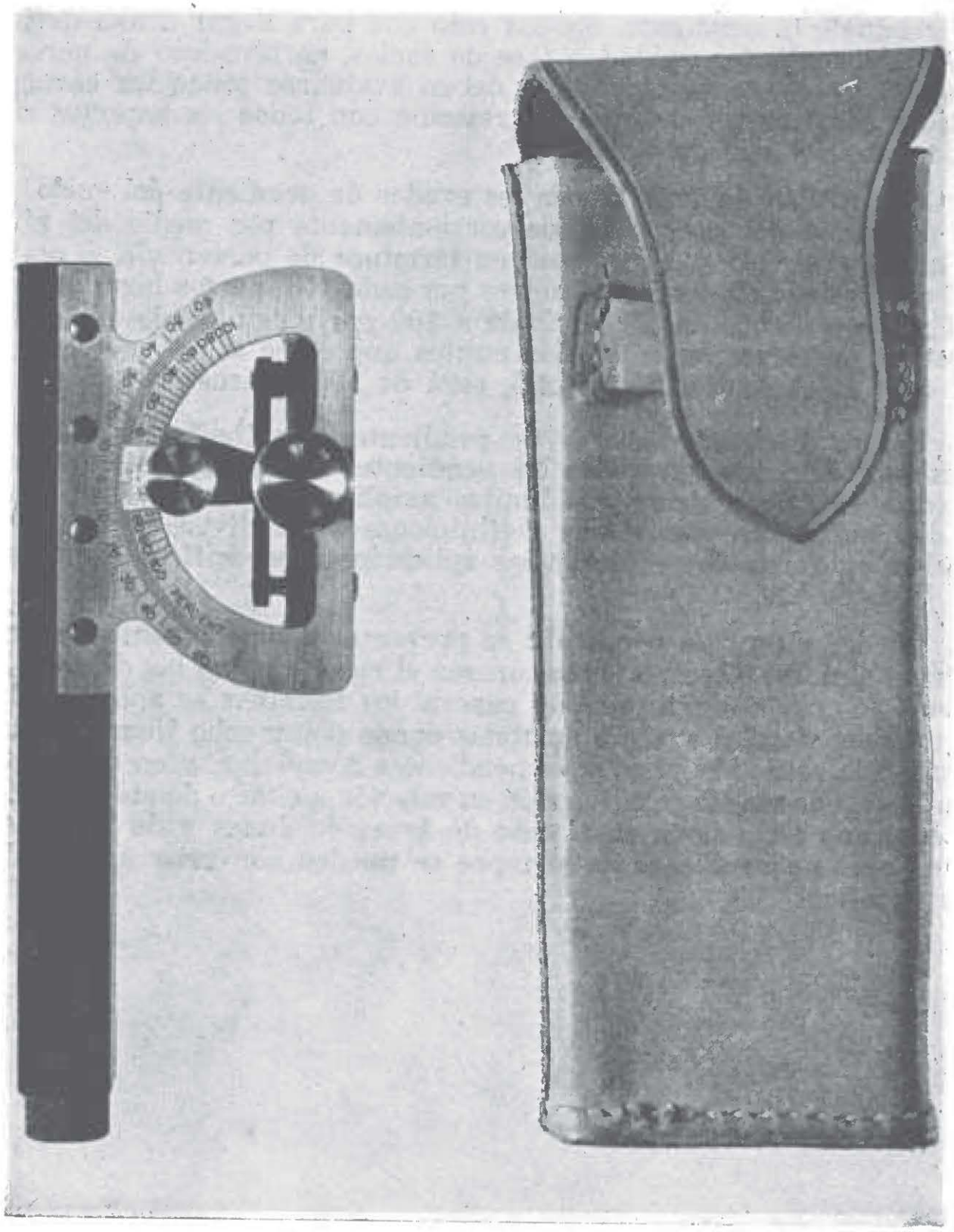


Fig. 26. — **Nivel de mano Abney, con estuche.**

En los párratos que siguen se dan las clases de pendiente.

1. **Clase A.**—En esta clase se incluyen áreas de suelo a nivel o casi a nivel en las cuales el escurrimiento superficial es lento o muy lento. La pendiente del terreno por si sola no ofrece dificultad alguna para la utilización de la maquinaria agrícola; ni hay tampoco posibilidades de erosión hídrica significativa excepto posiblemente en pendientes muy largas de suelos susceptibles a la erosión.

Límites	*Denominaciones*
Inferior: 0 por ciento.	Pendientes simples a nivel; o a nivel y casi a nivel (1).
Superior: 1 a 3 por ciento.	Pendientes complejas a nivel; o a nivel y casi a nivel.

2. **Clase B.**—A esta clase pertenecen las áreas suavemente onduladas o suelos de pendientes suaves en los cuales el escurrimiento superficial es lento o de velocidad media para la mayoría de los suelos. La pendiente no limita el uso de todos los tipos de maquinaria agrícola ordinaria. Los suelos con pendiente B varían ampliamente en cuanto a susceptibilidad a la erosión, la cual depende de otras características. En algunos suelos con esta pendiente la erosión no ofrece ningún problema serio, mientras que para el cultivo de otros muy susceptibles a la erosión se necesita la protección de terrazas u otras prácticas de manejo.

Límites	*Denominaciones*
Inferior: 1 a 3 por ciento.	Pendientes simples - suave; o muy suaves y suaves.
Superior: 5 a 8 por ciento.	Pendientes complejas - onduladas; o suavemente onduladas y onduladas.

3. **Clase C.**—En esta clase están comprendidas las áreas ligeramente quebradas, quebradas, o fuertemente quebradas en las cuales el escurrimiento es de medianamente rápido a rápido para la mayoría de los suelos. En cuanto se relaciona con la pendiente, todos los tipos de maquinaria agrícola pueden usarse con éxito aunque se pueden tener algunas dificultades para la utilización de maquinaria grande y de tipo pesado. Los suelos con pendiente C varían ampliamente en cuanto a su susceptibilidad a la erosión bajo cultivo, lo cual depende de las otras características edáficas así como de las prácticas de manejo. En unos pocos suelos, la erosión no ofrece problemas serios o puede controlarse por medio de prácticas relativamente simples, mientras que otros deben manejarse con sumo cuidado y utilizarse

(1) En donde la clasificación sumamente detallada requiere subdivisiones.

la mayor parte del tiempo con cultivos de crecimiento denso, con cultivos en fajas o uso suplementario de terrazas en lugares en donde los suelos, desde los demás puntos de vista, sean apropiados.

Límites	*Denominaciones*
Inferior: 5 a 8 por ciento.	Pendientes simples - pendientes; o pendientes y fuertemente pendientes.
Superior: 10 a 16 por ciento.	Pendientes complejas - quebradas; o suavemente quebradas y quebradas.

4. **Clase D.**—Esta clase está formada por las áreas de suelos muy fuertemente pendientes o montañosos en los cuales el escurrimiento es rápido o muy rápido en la mayoría de los suelos. A menos de que las pendientes sean muy complejas, la mayor parte de la maquinaria agrícola puede usarse pero con dificultad, especialmente los tipos más pesados. Los suelos con pendientes D son susceptibles de erosionarse cuando se los dedica a cultivos escardados, excepto aquellos más permeables, como por ejemplo los Lateríticos bien desarrollados. Aunque hay muchas excepciones, la división entre los suelos apropiados para rotaciones ordinarias que incluyen cultivos de escarda y aquellos apropiados únicamente para pastos o para rotaciones dominadas por cultivos formadores de césped, cae comúnmente en el punto que divide las pendientes de clase C de las de clase D.

Límites	*Denominaciones*
Inferior: 10 a 16 por ciento.	Pendientes simples - moderadamente escarpado.
Superior: 20 a 30 por ciento.	Pendientes complejas - cerriles.

5. **Clase E.**—En esta clase se incluyen los suelos de áreas con pendientes muy pronunciadas o muy cerriles en las cuales el escurrimiento superficial es muy rápido para la mayoría de los suelos. Aquí puede usarse únicamente el tipo de maquinaria más liviano. La susceptibilidad de los suelos con pendientes E a la aradura varían ampliamente. Si los suelos son muy fuertes y permeables, pueden dar buen pasto, huertos y aún cultivos de escarda siempre que se usen prácticas de manejo adecuadas. En muchos suelos montañosos o escarpados, la distinción entre las áreas que pueden utilizarse para la producción de pastos y aquellos que deben dedicarse a bosque, cae en la línea divisoria entre E y D.

Límites	*Denominaciones*
Inferiores: 20 a 30 por ciento.	Pendiente simple - escarpada.
Superiores: 45 a 65 por ciento.	Pendientes complejas - escarpadas.

6 **Clase F.**—Esta distinción de clase de pendiente sobre la clase E se usa para los suelos que son raramente fértiles y permeables y en donde por lo tanto se hace necesaria. Ordinariamente los suelos con tales pendientes son suelos esqueléticos y se incluyen en la clase apropiada de tierras misceláneas.

Límites	*Denominaciones*
Inferiores: 45 a 65 por ciento. Superiores: Ninguno.	Muy escarpada.

La utilización de las clases de pendiente como base para la distinción entre fases, se trata en una sección posterior de este **Manual.**

Si las variaciones de pendiente dentro de los tipos de suelo son significativas y si cada clase de pendiente se define en forma apropiada, a cada una de ellas dentro del tipo se le puede hacer un conjunto específico de pronósticos de producción, valoración de la productividad y recomendaciones de manejo.

En la definición de las unidades para la clasificación y cartografía detallada de suelos, los nombres son comúnmente más apropiados para las pendientes simples que para las pendientes complejas, aunque sea necesario utilizar ambos, lo cual depende de los rasgos de la pendiente además de la gradiente (6). Para las asociaciones de suelos, los nombres de los complejos de pendiente tienen generalmente mayor significación.

Otras características de la pendiente.—Al definir los suelos en el campo y al definir las unidades de clasificación, es necesario describir la longitud y forma de las pendientes. Cuando todas las condiciones son iguales, los suelos situados en la parte inferior de las pendientes largas son más susceptibles de ser erosionados por cárcavas debido a la concentración y a la velocidad del agua. Siendo la concentración del agua y los demás factores iguales, las pendientes convexas son más susceptibles de ser cortadas y las cóncavas de ser rellenadas. Para la descripción y definición detallada de las pendientes y de la forma del terreno, se utilizan las definiciones usadas por los geomorfólogos. La disposición regular de las pendientes es característica de la mayoría de las series de suelos y especialmente de las asociaciones.

---

(6) Excepto en levantamientos de suelos especiales y altamente detallados, sin embargo, no es apropiado tener dentro de un solo tipo de suelo dos fases de pendiente que tengan igual pendiente, diferenciadas únicamente sobre la base de pendientes simples en contraposición con complejas. Para levantamientos de suelos muy detallados, de zonas que van a ser regadas, se han reconocido las siguientes distinciones de acuerdo con la forma de la pendiente: 1) Pendientes simples; 2) onduladas, con pendientes suaves y cortas en todas las direcciones; 3) pendientes convexas; 4) pendientes cóncavas, y 5) pendientes cóncavo-convexas sobre un plano inclinado o corrugaciones inclinadas.

Con una cartografía y clasificación del drenaje intermitente hechas con precisión, los lectores expertos de mapas de suelos pueden visualizar el largo y dirección de las pendientes en un mapa detallado.

Elevación

A menudo es necesario observar en un mapa topográfico o por medio de barómetro la elevación del lugar en que se estudian los suelos con el fin de correlacionar las descripciones entre sí y con las observaciones geológicas, geomorfológicas y climáticas.

. . . Exposición

Cuando se describen los suelos en el campo, se deben tomar notas de las diferencias significativas de exposición al viento y especialmente al sol, las cuales pueden tener una influencia importante en el clima y vegetación del suelo en el punto particuar. En las cercanías de los límites críticos de temperatura, largo del día y humedad pueden encontrarse, en materiales geológicos similares, suelos muy diferentes según se trate de pendientes norte o sur. También en las cercanías de los linderos entre vegetación arbustiva y boscosa o entre vegetación herbácea y boscosa, los vientos fuertes favorecen la vegetación baja. El lector de mapas experto puede interpretar la exposición a partir de un mapa detallado de suelos que tenga unidades bien definidas y en donde se muestre la disposición completa de las corrientes de agua intermitentes clasificadas.

Las características climáticas en muchas de las regiones montañosas son tan variables dentro de pequeñas distancias que a menos que se hagan observaciones de los suelos cuidadosamente localizadas en relación con la elevación y la exposición, no pueden correlacionarse con las condiciones climáticas generales.

DRENAJE DEL SUELO

En un sentido dinámico o activo se entiende por drenaje del suelo la rapidez y grado con que el agua es removida, en relación con adiciones, especialmente por escurrimiento superficial y por el movimiento de las aguas a través del suelo hacia los espacios subterráneos. Además, la evaporación y la transpiración contribuyen a las pérdidas de agua. Así un suelo Sierozem casi a nivel, que no tenga ni escurrimiento ni percolación a los substratos profundos, tiene un buen drenaje porque el agua de todas las lluvias puede distribuirse dentro del sólum y moverse hacia afuera por evaporación y transpiración sin reducción apreciable en la aireación del material edáfico.

El drenaje, como condición del suelo, se refiere a la frecuencia y duración de períodos durante los cuales el suelo no está saturado total o parcialmente. Aunque estas condiciones pueden medirse con precisión, el edafólogo debe hacer una estimación de ellas en el campo.

Las estimaciones precisas de las condiciones de drenaje de los suelos son muy necesarias tanto en sus descripciones como en sus definiciones. El problema es mucho más complicado de lo que aparentemente es. Se pueden observar algunas evidencias directas de que hay un buen drenaje o de que no lo hay, como es el caso de los suelos saturados observados a diferentes horas después de lluvias, o después de agregar agua de riego, la observación de las capas freáticas, de los empozamientos superficiales de agua, etcétera. Las variaciones en el drenaje del suelo pueden relacionarse con las diferencias en el color, y con la disposición de los colores en el suelo. La presencia de moteado, los colores grises que acompañan la gleización y los materiales ricos en materia orgánica característicos de muchos suelos con drenaje pobre, constituyen evidencias, pero no evidencias infalibles. Además, la pendiente y la textura, la estructura y otras características de los horizontes del suelo, son útiles como bases para predecir la permeabilidad y las condiciones de drenaje. En este caso también, sin embargo, el técnico debe considerar el clima, los niveles freáticos y otros factores en conjunto con esas evidencias. Es por lo anterior que la estimación o valoración del drenaje es parcialmente materia de observación directa y parcialmente de la deducción hecha a partir de un numeroso grupo de observaciones.

El concepto de drenaje del suelo es muy amplio. Primero es necesario definir algunos aspectos más específicos: 1º Escurrimiento superficial; 2º Drenaje interno; 3º Permeabilidad. Los dos últimos tienen cualidades parecidas pero no idénticas. En otras palabras, un suelo lentamente permeable puede tener un drenaje interno medio, bajo condiciones de lluvia natural y lento, cuando se somete a riego. Un suelo de permeabilidad similar puede considerarse como de drenaje interno muy lento bajo un clima húmedo. La primera cualidad, o sea, el escurrimiento superficial o drenaje externo está íntimamente relacionada con la pendiente; sin embargo, un suelo rápidamente permeable y casi a nivel puede tener un escurrimiento lento en contraste con uno rápido de un suelo con pendiente similar. Un suelo lentamente permeable y otro de permeabilidad rápida, pueden ambos tener un drenaje interno muy lento, debido a una mesa de agua alta. Cuando esta condición se corrige por medio de drenaje, el uno puede permanecer con drenaje interno lento, mientras que el otro adquiere un drenaje interno rápido gracias a los trabajos de mejoramiento. Antes de mejorar suelos pobremente drenados es importante predecir su drenaje interno **potencial.**

En las descripciones ordinarias de suelos, es suficiente una indicación de la clase de drenaje o permeabilidad general, o ambas. En los levantamientos detallados, sin embargo y especialmente cuando se trata de pronosticar el drenaje bajo condiciones que cambiarán en forma significativa, debido a trabajos de mejoramiento para riego y drenaje y control de aguas por medio de diques deben

darse también las indicaciones separadas para las clases de de suelos pobremente drenados por naturaleza es esencial para predecir su aptitud de que se hayan drenado artificialmente.

Escurrimiento superficial

El escurrimiento superficial (7), algunas veces llamado escorrentía o drenaje externo, se refiere a la proporción relativa en que el agua es removida fluyendo sobre la superficie del suelo. El término incluye el agua pluvial, así como también la que fluya a un suelo proveniente de otros suelos. Cuando es necesario para mayor claridad en las descripciones, se distinguen seis clases las cuales se basan en el movimiento relativo del agua sobre la superficie, determinado por las características del perfil, la pendiente, el clima y la cobertura.

0. **Empozado.**—El agua que llega al suelo ya sea como lluvia o como escurrimiento proveniente de tierras circundantes más altas no escurre. La cantidad total de agua tiene que ser removida de áreas empozadas, por movimiento a través del suelo o por evaporación, es generalmente mayor que el total caído por precipitación. El empozamiento se presenta generalmente en zonas bajas y puede fluctuar con las estaciones.

1. **Muy lento.**—El agua superficial escurre tan lentamente que hay agua empozada en la superficie por períodos largos o bien se embebe inmediatamente en el suelo. Gran parte del agua se filtra a través del suelo o se evapora y pasa al aire. Los suelos con escurrimiento superficial muy lento están a nivel o en pendientes muy suaves, o son abiertos y muy porosos.

2. **Lento.**—El agua superficial se escurre tan lentamente que se halla agua libre cubriendo la superficie por períodos de tiempo significativos o bien penetra en el suelo tan rápidamente que una gran parte pasa a través del perfil o se evapora. Los suelos con una velocidad de escurrimiento superficial lenta están a nivel o en pendientes muy suaves, o bien absorben el agua e precipitación muy rápidamente. Normalmente en estos suelos no hay peligro de erosión o el peligro es muy reducido.

3. **Medio.**—El agua superficial escurre con tal velocidad que sólo una proporción moderada penetra en el suelo y sobre la superficie

(7) Algunas veces el término escurrimiento superficial se aplica a divisorias de aguas completas para referirse a toda el agua que fluye a las vías de desagüe, incluyendo los manantiales. Cuando existe alguna posibilidad de confusión, debe usarse el término "escurrimiento superficial" en vez de "escorrentía", cuando se trata de descripciones e interpretaciones de suelos.

únicamente se encuentra agua libre por períodos cortos. Una gran parte de la precipitación es absorbida por el suelo y utilizada por las plantas, o se pierde por evaporación o se mueve hacia abajo hasta alcanzar canales subterráneos. Cuando el escurrimiento superficial es medio, la pérdida de agua en la superficie no reduce en forma seria la cantidad aprovechable para el crecimiento vegetal. El peligro de erosión puede ser de ligero a moderado cuando se cultivan suelos con esta clase de escorrentía.

4. **Rápido.**—Una gran proporción de la precipitación se mueve rápidamente sobre la superficie del suelo y sólo una pequeña parte lo hace a través del perfil del suelo. El agua superficial escurre casi tan rápidamente como llega. Los suelos con escurrimiento superficial rápido generalmente tienen pendientes pronunciadas o moderadamente pronunciadas y tienen baja capacidad de infiltración. El peligro de erosión es generalmente de moderado a alto.

5. **Muy rápido.**—Una cantidad muy grande del agua se mueve rápidamente sobre la superficie del suelo y solamente una pequeñísima parte se infiltra a través del perfil. El agua superficial escurre tan rápidamente como llega. Los suelos con velocidad de escurrimiento superficial muy rápido usualmente se encuentran en pendientes pronunciadas o muy pronunciadas y tienen capacidades de infiltración muy bajas. El peligro de erosión es comúnmente alto o muy alto.

Permeabilidad del suelo (8)

Permeabilidad del suelo es la cualidad que lo capacita para transmitir agua o aire. Se la puede medir cuantitatiavmente en términos de velocidad de paso de agua a través de una unidad de sección transversal de suelo saturado en una unidad de tiempo, bajo condiciones hidráulicas y de temperatura específicas.. La percolación bajo fuerza gravitacional, con una carga de media pulgada (1.27 cm.) y con drenaje a través de cilindros puede medirse por medio de un procedimiento estandar que contempla la saturación previa de las muestras. Las velocidades de percolación se expresan en pulgadas por hora (cm. por hora).

Cuando se carece de medidas precisas de permeabilidad, los suelos pueden agruparse en clases de permeabilidad relativa por medio de estudios de la estructura, textura, porosidad, agrietamiento y otras características de los horizontes de los perfiles, relacionados con la experiencia local. El observador debe aprender a valorar los cambios en el agrietamiento y en la estabilidad de los agregados cuando se humedecen. Si se va a pronosticar la forma como responden

(8) R. D. HOCKENSMITH, del Servicio de Conservación de Suelos, hizo sugestiones muy valiosas en lo concerniente a la permeabilidad del suelo.

los suelos al drenaje o al riego, puede ser necesario determinar la permeabilidad de cada uno de los horizontes, la relación de la permeabilidad entre ellos y de cada uno con la totalidad del perfil. Comúnmente, sin embargo, la velocidad de percolación de un suelo está determinada por el horizonte de menor permeabilidad en el sólum o en el substrato inmediato.

La velocidad de infiltración o sea la entrada del agua en los horizontes superficiales o aún dentro del total del sólum, puede ser rápida a pesar de lo cual la permeabilidad puede ser lenta debido a una capa lentamente permeable que se encuentre inmediatamente debajo del sólum y que influencie el movimiento del agua dentro del mismo. La velocidad de infiltración y la permeabilidad de la capa arable, pueden fluctuar ampliamente con el tiempo debido a diferencias en las prácticas de manejo, clases de cultivo y factores similares.

Los conjuntos de clases relativas de permeabilidad son los siguientes:

		Velocidad posible en cm. por hora (1)
Lento:		
1.	Muy lento	menos de 0,13 cms.
2.	Lento	0,13 - 0,51 cm.
Moderado:		
3.	Moderadamente lento	0,51 a 2,03 cm.
4.	Moderado	2,03 a 6,35 "
5.	Moderadamente rápido	6,35 a 12,70 "
Rápido:		
6.	Rápido	12,70 a 25,40 "
7.	Muy rápido	más de 25,40 "

Drenaje interno del suelo

El drenaje interno del suelo es la cualidad determinada por el movimiento del agua hacia abajo y a través de él. El drenaje interno se refleja en la frecuencia y duración de los períodos de saturación con agua. Viene a estar determinado por la textura, estructura y otras características del perfil y las capas subyacentes y por la altura del nivel freático, ya sea permanente o fijo en relación con el agua recibida por el suelo. Así, un suelo de drenaje interno medio puede ser similar en permeabilidad a uno con drenaje interno lento que se encuentre en un clima más húmedo.

(1) Estas son velocidades sugeridas muy tentativamente, sacadas de mediciones hechas a través de porciones cilíndricas de suelo sin disturbar, bajo una carga hidráulica de media pulgada (1,27 cm.).

En los párratos siguientes se definen seis clases de drenaje interno.

0. **Sin drenaje interno.**—El agua no pasa absolutamente a través de la masa del suelo. En regiones húmeda, el nivel freático está en la superficie o muy cercano a ella durante la mayor parte del año. Esta condición de drenaje natural puede presentarse aún en suelos arenosos y gravosos, pero cuando se les drena, y baja la capa freática, puede que su drenaje interno se vuelva moderado y aún rápido.

1. **Muy lento.**—La velocidad del drenaje interno es demasiado lenta para el crecimiento óptimo de los cultivos de importancia de las regiones húmedas y puede aún ser demasiado lento para el crecimiento óptimo de los cultivos en suelos de regiones áridas. Los suelos pueden presentar saturación con agua en la zona radicular por un mes o dos. La mayoría de los suelos que tienen drenaje interno muy lento presentan moteado o manchas en casi todo el perfil, aunque algunos tienen suelos y subsuelos dominantes grises y otros tienen suelos superficiales oscuros, altos en materia orgánica. Una capa freática alta o un horizonte muy lentamente permeable, o ambos, pueden ser los responsables de un drenaje interno muy lento.

2. **Lento.**—En suelos con drenaje interno lento, la velocidad del movimiento del agua a través del suelo no es tan rápido como en el drenaje medio, pero es más rápido que cuando el drenaje es muy lento. La saturación con agua se presenta por períodos de una a dos semanas, las cuales son suficientemente largos para afectar adversamente las raíces de muchos cultivos. La velocidad del drenaje usualmente es algo lenta para el óptimo de crecimiento de los cultivos importantes (9) de la región. Esto es especialmente cierto en la región templado húmeda en donde la mayoría de los suelos que tienen un drenaje interno lento tienen horizontes "A" negros o grises. El moteado o las manchas se presentan en la parte inferior del horizonte "A" o en la superior del "B" tanto como en las partes bajas de los horizontes "B" y "C". Muchos suelos con drenaje interno lento tienen capas freáticas relativamente altas o fluctuantes.

3. **Medio.**—El drenaje interno no es tan libre como sucede con el rápido pero lo es más que en el caso del drenaje lento. Cuando se satura con agua la saturación dura solo unos pocos días, lapso siempre menor al requerido para dañar las raíces de las plantas de cultivo. El drenaje interno es casi óptimo para el crecimiento de los cultivos importantes bajo condiciones de clima húmedo. La mayoría de los suelos de drenaje interno medio no presentan moteado ni manchas a través de los horizontes A y tampoco en la mayor parte de los horizontes **B.**

---

(9) La referencia a "cultivos importantes" es de orden general excepto para cultivos amantes del agua como el arroz "paddy".

4. **Rápido.**—Comparado con el drenaje muy rápido, en el drenaje rápido los horizontes restringen un poco el movimiento del agua a través del suelo. La saturación con agua está limitada a una pocas horas. El drenaje interno es ligeramente excesivo para el crecimiento de los cultivos más importantes de la región.

5. **Muy rápido.**—La velocidad del movimiento del agua a través del perfil es muy rápida, debido usualmente a su alta porosidad; de este modo el suelo nunca llega a saturarse con agua. El drenaje interno es demasiado rápido para el crecimiento óptimo de la mayoría de los cultivos importantes de la región. La mayoría de los suelos con drenaje interno muy rápido no presentan ni aún a más de un metro de profundidad las características manchas o moteado que sugieren un drenaje impedido. La capa freática se encuentra usualmente algunos metros bajo la superficie.

Clases de drenaje del suelo

Tomando como base las observaciones y deducciones usadas para obtener las clases de escurrimiento superficial, permeabilidad y drenaje interno del suelo, a continuación se describen clases de drenaje relativas. En cada descripción de suelos debe darse la clase de drenaje. Excepto en suelos muy jóvenes, las condiciones de drenaje natural se refejan usualmente en la morfología. Algunos suelos han sufrido marcadas alteraciones de drenaje, ya sea naturalmente o debido a sistemas de riego o drenaje. En las descripciones y definiciones para describir el drenaje natural del suelo se usan siete clases.

En los párrafos numerados siguientes, cada una de las siete clases se define primero en términos generales amplios y luego en términos de las relaciones morfológicas existentes entre suelos podzólicos y entre suelos oscuros de las tierras de pradera. También se incluyen relaciones con la producción de cultivos, especialmente de maíz y granos pequeños. Se agregan entre paréntesis ejemplos de las series de suelos que caen dentro de cada clase.

0. **Muy pobremente drenados.**—El agua sale del suelo tan lentamente que la capa freática permanece en o sobre la superficie durante la mayor parte del tiempo. Suelos con esta clase de drenaje ocupan generalmente sitios a nivel o depresiones y frecuentemente están enlagunados. Los suelos muy pobremente drenados de la región de suelos podzólicos, tienen comúnmente capas superficiales gris oscuras o negras y tienen una coloración gris clara en general, con o sin moteado en las partes más profundas del perfil. En las regiones de pradera, los suelos muy pobremente drenados tienen generalmente superficies de barro turboso con evidencias claras de gleización. La humedad en estos suelos es suficiente para impedir el crecimiento de cultivos importantes (con excepción del arroz) sin drenaje artifi-

cial. (Portsmouth, Toledo, Brookston, Westland, Abington, barro-turboso de Pamlico, turba de Eveglades).

1. **Pobremente drenados.**—El agua sale tan lentamente del suelo que éste permanece húmedo por una gran parte del tiempo. El nivel freático está comúnmente en o cerca de la superficie durante una parte considerable del año. Las condiciones de los suelos pobremente drenados se deben a un nivel freático alto, a una capa lentamente permeable en el perfil, a infiltración o una combinación de estas condiciones. En las regiones de suelos podzólicos los suelos pobremente drenados pueden tener un color gris claro de la superficie hacia abajo, con o sin moteado. Entre los suelos oscuros de praderas, los pobremente drenados comúnmente tienen capas superficiales oscuras ligeramente engrosadas. Las grandes cantidades de agua que permanecen en y sobre los suelos pobremente drenados hacen imposible el desarrollo de las cosechas, bajo las condiciones naturales durante la mayor parte del tiempo. Siempre que las demás características edáficas sean favorables, la producción de cosechas es posible mediante el uso de drenaje artificial. (Henry, Waverly, Myatt, Nelvin, Wester, Loy, Clermont, Bethel, Delmar y Wehadkee).

2. **Imperfectamente drenados o algo pobremente drenados.**—El agua es removida del suelo con tal lentitud que el suelo permanece húmedo por lapsos significativos, pero no todo el tiempo. Los suelos imperfectamente drenados tienen comúnmente una capa lentamente permeable en su perfil, un nivel freático alto, reciben agua adicional por concepto de aportes o presentan una combinación de todas estas condiciones. Entre los suelos podzólicos, los drenados imperfectamente tienen un color grisáceo uniforme, marronuzco o amarillento en la parte superior del horizonte "A" y comúnmente aparecen moteados abajo de los 15 a 40 cm. en la parte baja del horizonte A y en los horizontales "B" y "C". En los suelos de pradera de colores oscuros, los imperfectamente drenados presentan horizontes "A" oscuros y de mayor grosor, de alto contenido de materia orgánica y evidencias leves de gleización inmediatamente bajo el horizonte "A". Bajo estas condiciones el crecimiento de los cultivos está restringido en alto grado a menos que se instale drenaje artificial. Esta es la clase de drenaje inferior bajo la cual un suelo zonal retiene suficientes características para ser clasificado en ese orden. Muchos suelos con esta clase de drenaje no pueden colocarse en el orden zonal. (Taft, Calloway, Pheba, Fincastle, Lawrence, Grosby, Vigo y Odell.)

3. **Moderadamente bien drenados.**—El agua se retira del suelo con alguna lentitud por lo que el perfil permanece húmedo por un tiempo corto aunque importante. Los suelos moderadamente bien drenados

comúnmente tienen una capa lentamente permeable en o inmediatamente bajo el sólum, un nivel freático relativamente alto, reciben agua a través de infiltración o sufren una combinación de todas estas condiciones. Entre los suelos podzólicos, los moderadamente bien drenados tienen colores uniformes en el horizonte "A" y en la parte superior del "B", con moteado en la parte baja del horizonte "B", así como en el horizonte "C" Entre los suelos de colores oscuros de las praderas, los perfiles tienen horizontes "A" oscuros y gruesos, con horizontes "B" moteados vagamente de amarillento o grisáceo (Grenada, Tilsit, Richland, Muscatine, Gibson, Bronson, Bedford y Ellsworth).

4. **Bien drenados.** — El agua se retira del suelo con facilidad pero no con rapidez. Los suelos bien drenados tienen comúnmente textura media, aunque hay suelos de otras clases texturales que tienen también buen drenaje. Entre los suelos podzólicos, los bien drenados no ofrecen moteado (excepto en los gley fósiles) y los horizontes pueden ser parduscos, amarillentos, grisáceos o rojizos. Pueden presentar moteado en el horizonte "C" o a profundidad de algunos metros. Entre los suelos oscuros de pradera, los bien drenados tienen horizontes "A" oscuros, gruesos y horizontes "B" rojizos, marronuzcos o amarillentos con horizontes "C" que pueden mostrar o no moteado. Los suelos bien drenados comúnmente retienen cantidades óptimas de humedad para el crecimiento de las plantas después de que les cae lluvia o se le adiciona riego. Este es el drenaje característico del gran grupo de suelos zonales modales representativos. (Baxter, Ruston, Vicksburg, Cecil, Memphis, Tama, Fayette, Barnes, Williams, Miami, Russell, Cincinnati y Holdrege).

5. **Con drenaje algo excesivo.**—El agua se retira del suelo con rapidez; algunos de los suelos son esqueléticos. Muchos de ellos tienen una pequeña diferenciación de horizontes y son arenosos y muy porosos. Entre los suelos podzólicos, los tipos con drenaje algo excesivo no presentan moteado en ninguna parte de sus perfiles y son de color marrón, amarillo, gris o rojo. Entre los suelos oscuros de pradera, muchos de los perfiles tienen horizontes "A" relativamente delgados con horizontes "B" delgados y parduscos, amarillentos, grisáceos o rojizos y no hay moteado en el sólum. En estos suelos se puede desarrollar sólo un pequeño número de cultivos y las producciones generalmente son bajas si no tienen riego. (Bruno, Dickinson, Flasher y Oshtemo).

6. **Suelos excesivamente drenados.**—El agua se retira del suelo muy rápidamente. Los suelos excesivamente drenados son Esqueléticos o de carácter esquelético y pueden ser muy escarpados, muy porosos o pueden tener ambas características. Entre los suelos podzólicos, los tipos excesivamente drenados tienen comúnmente colores parduscos, amarillentos grisáceos o rojizos y no exhiben ningún

moteado a través del perfil. Entre los suelos oscuros de pradera, los perfiles corrientemente tienen horizontes "A" delgados (excepto los tipos arenosos que pueden tener mayor espesor). En estos suelos se pierde la mayor parte de la precipitación de modo que no son aprovechables para la producción de los cultivos corrientes. (Guin, Muskingum, Hamburg, Plainfield, Coloma y Chelsea).

Drenaje alterado

Cuando se encuentran condiciones de drenaje alterado, se debe especificar e indicar así siempre que no haya habido un cambio co· especificar e indicar así siempre que no haya habido un cambio comúnmente a trabajos de mejoramiento como es el caso cuando se establece drenaje artificial o riego, pero también pueden originarse con la profundización natural de los canales de desagüe natural como ríos y riachuelos, o al relleno de depresiones. Las condiciones de drenaje alterado deben describirse ya que ellas afectan las potencialidades para la producción de cultivos. Generalmente pueden usarse los mismos términos relativos tanto para drenaje alterado como para drenaje natural.

Las descripciones y definiciones de estas condiciones de drenaje pueden servir como base para el establecimiento de fases inundadas o drenadas, ya sea de tipos o de series de suelos.

Frecuencia de inundaciones

Las descripciones y definiciones de suelos sujetos a inundaciones deben incluir una descripción de la frecuencia y regularidad de las inundaciones con todo el detalle que permita la evidencia disponible. Se sugieren las siguientes clases generales:

1. Inundaciones frecuentes e irregulares que hacen incierto el uso del suelo para la producción de cosechas.
2. Inundaciones frecuentes que ocurren en forma regular durante ciertos meses del año, de modo que el suelo pueda utilizarse para cultivo durante el tiempo restante.
3. Pueden esperarse inundaciones, ya durante ciertos meses del año o en cualquier período de condiciones meteorológicas poco usuales, las cuales a menudo son suficientes para destruir los cultivos o impedir el uso del suelo en un determinado porcentaje de años.
4. Las crecidas son raras, pero probables durante un porcentaje muy pequeño de años.

IDENTIFICACION Y NOMENCLATURA DE LOS HORIZONTES DEL SUELO

La descripción de un perfil de suelo consiste fundamentalmente de la descripción de sus varios horizontes. **Horizonte** es una capa de suelo aproximadamente paralela a la superficie con características producidas por los procesos formadores del suelo. Un horizonte se diferencia corrientemente del adyacente, por lo menos en forma parcial, sobre la base de características que pueden ser apreciadas en el campo; sin embargo a veces se requieren datos de laboratorio para la identificación y designación de los horizontes así como para su caracterización detallada. El **perfil de suelo,** tal y como se ve expuesto un corte o sección, abarca el conjunto de todos los horizontes genéticos, las capas orgánicas naturales que se encuentran sobre la superficie y el material parental u otras capas bajo el sólum que influyen en la génesis y comportamiento del suelo.

Además de los horizontes genéticos, muchos suelos tienen capas heredadas provenientes del material originario estratificado. Al hacer el examen de un suelo, se deben escribir por separado descripciones de todas las capas u horizontes distinguibles, independientemente de su génesis. Estas descripciones deben ser totalmente objetivas y capaces de "ser valederas por sí mismas", sin considerar el origen supuesto ni la nomenclatura. Las descripciones objetivas constituyen el material básico para la clasificación de los suelos; nada las puede sustituir. Entre mayor número de datos de laboratorio se tengan sobre muestras recogidas, mayor importancia adquieren las descripciones; pero sin éstas, los datos de laboratorio no pueden interpretarse con seguridad, si es que pueden tener alguna interpretación.

Los perfiles de numerosos suelos que tienen propiedades completamente diferentes a las del material original, tienen algunas características en parte debidas a herencia del material originario estratificado, y en parte a los procesos formadores del suelo, como sucede en un terraza aluvial; algunas veces también debidos par-

cialmente a procesos geológicos que acompañan la formación del suelo. Como por ejemplo, un suelo con un perfil bien desarrollado puede ser gradualmente cubierto con cenizas volcánicas, loess, arena eólica, o aluvión sin dañar en forma seria la vegetación. En esta forma el horizonte superficial se hace de mayor espesor y la parte inferior del perfil gradualmente llega a quedar fuera del alcance de los procesos formadores del suelo.

Los perfiles del suelo varían en formas casi infinitas. Las características importantes que deben describirse ya se han enumerado y en secciones particulares de este **Manual** se explican las clases y términos utilizados para describir cada una. Los perfiles de suelo varían ampliamente en espesor, desde meras películas hasta más de un metro. En las regiones templadas, generalmente los perfiles de suelo deben examinarse hasta profundidades de un metro a un metro cincuenta. Los suelos normales son más delgados hacia los polos y más gruesos hacia el ecuador; sin embargo aún en las regiones templadas, las capas más profundas, digamos a 1.75 m. o más, pueden ser tan importantes para el drenaje del suelo que deban examinarse, especialmente cuando se trata de estudios y cartografías de suelos para pronosticar la respuesta a mejoramiento por medio de riego o drenaje.

Los perfiles de suelo varían ampliamente en cuanto al grado en que se manifiestan o diferencian los horizontes genéticos. En formaciones geológicas muy recientes, como en conos aluviales nuevos, dunas nuevas de arena o mantos de cenizas vocánicas, los horizontes genéticos no pueden distinguirse.

Conforme avanza la formación del suelo su influencia sobre la diferenciación de horizontes puede únicamente descubrirse por medio del estudio de muestras en el laboratorio y más tarde, con mayor claridad, en el campo mismo.

Para la descripción de un perfil, corrientemente se localizan los límites entre horizontes, se mide su profundidad y se estudia el perfil en conjunto antes de describir y darle nombre a los horizontes en forma individual.

Nomenclatura de los horizontes del suelo

Para hacer una buena descripción de un perfil no es absolutamente necesario darle nombre a los diferentes horizontes del suelo. Sin embargo, la utilidad de la descripción de un perfil aumenta notablemente cuando se usan las designaciones genéticas apropiadas, como A, B, C. Tales interpretaciones muestran las relaciones genéticas entre horizontes dentro de un perfil, mientras que los simples números como 1, 2, 3, 4 y 5, o letras no definidas como a, b, c, etc., no nos dicen nada excepto la secuencia de las capas en cuanto a profundidad. Las designaciones genéticas permiten comparaciones úti-

les entre diversos suelos. Para fines útiles no se pueden comparar las capas de diferentes suelos arbitrariamente definidas como por ejemplo de "30 a 60 cms.", mientras que sí lo pueden ser sus horizontes B.

En vista de que la ventaja de la denominación por medio de letras consiste en mostrar las relaciones entre horizontes, tales denominaciones deben tener un significado genético. La aplicación de cualesquiera de estas designaciones con letras a los horizontes viene a ser una **interpretación** adicional a la descripción y no un substituto de ella. La susceptibilidad de aplicación de esta interpretación es cuestión de probabilidad y no constituye certidumbre. Si el técnico no puede hacer sugerencias en cuanto a los nombres genéticos, porque no tiene bases para hacerlo, los horizontes deben simplemente numerarse: 1, 2, 3(etc., desde el más superficial hasta el más profundo. Si aún no se atreviera a sugerir designaciones para algunos horizontes y estuviera muy dudoso acerca de otros, puede: (1) usar números, poniendo su mejor estimación de campo entre paréntesis, como 1 (A1), 2 (A2), 3, 4 (B), 5, 6 (C), etc. o (2) usar designaciones seguidas por signos de interrogación (?) para aquella en que tenga duda. Ordinariamente el técnico puede designar todos los horizontes e indicar cualquier incertidumbre seria entre dos alternativas, como por ejemplo (B2 o B2g).

Las dudas acerca de la designación de un horizonte a menudo puede disiparse, o al menos reducirse, si se tienen datos apropiados de laboratorio que suplementen las observaciones de campo. Para las decisiones finales, las designaciones aproximadas de campo son a menudo de gran ayuda. Mientras que el técnico está en el sitio mismo, mirando el perfil en conjunto, está haciendo observaciones utilísimas que van más allá de lo que posiblemente puede escribirse en una descripción. Debe, por lo tanto, hacer su mejor estimación en cuanto a designación mientras se encuentre en el lugar. Al dejar reconocimiento de su incertidumbre en las notas de campo, es posible que por medio de evidencias posteriores llegue a cambiar la designación.

En la figura 27 se muestra un esbozo general de los principales horizontes y subhorizontes en un perfil hipotético de un suelo. Un perfil así es muy difícil que pueda existir en la naturaleza y el esbozo solamente muestra la posición relativa de los horizontes. Ningún suelo tiene todos los diferentes horizontes. Los dibujos de la figura 28 muestra unos pocos ejemplos de cómo representar horizontes en diversos perfiles. Los horizontes principales se designan con letras mayúsculas, colocándoles minúsculas y números como subdivisiones.

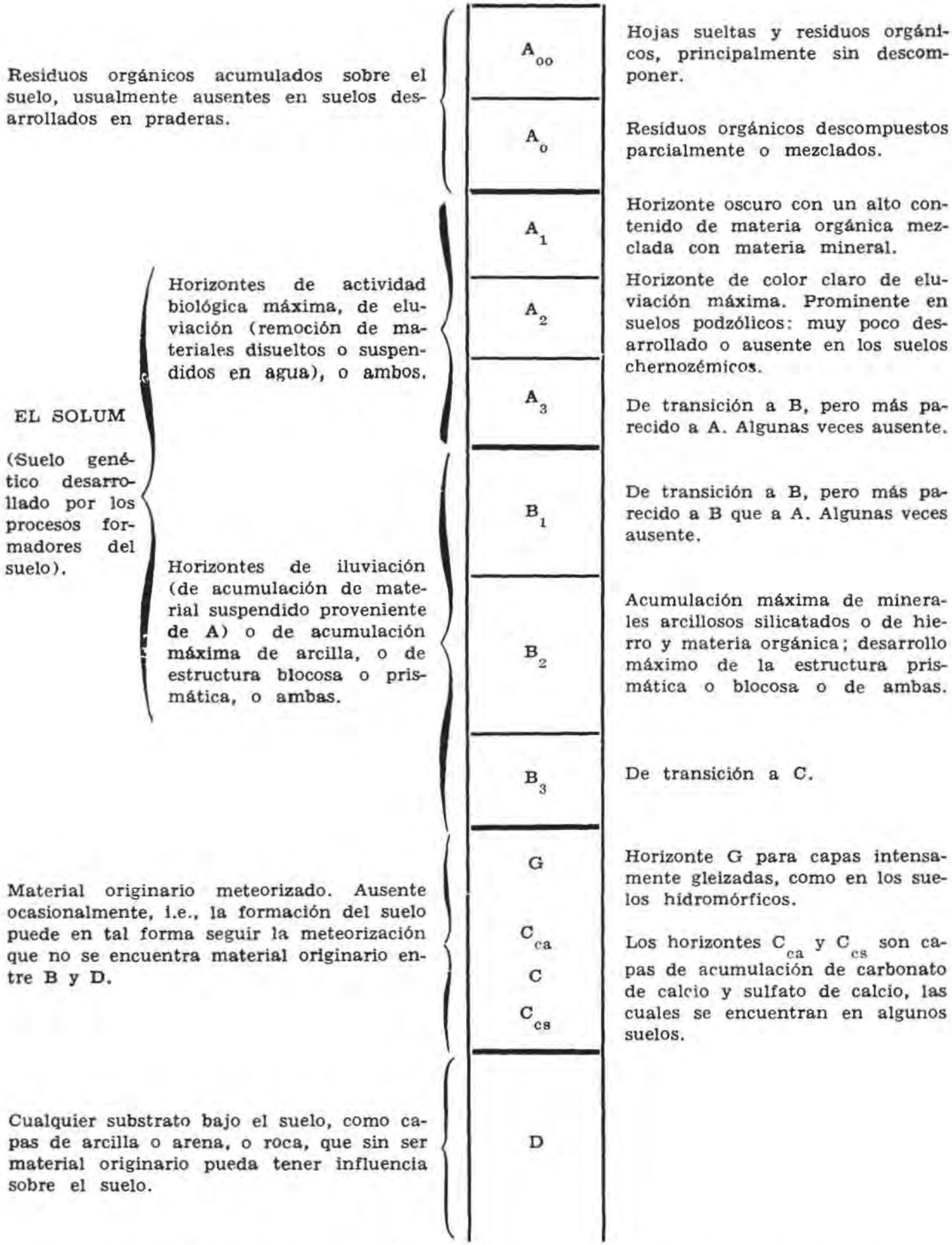


Fig. 27. — **Perfil hipotético de suelo en el cual se muestran todos los horizontes principales. Se puede observar que el horizonte B puede o no tener acumulación de arcilla. El horizonte designado como Cca aparece generalmente entre B3 y C. El G puede aparecer inmediatamente abajo de A.**

La nomenclatura A-B-C se utilizó originalmente en Rusia para designar los horizontes de suelos Chernozem. La A se utilizó para el suelo superficial de color oscuro uniforme, la C para el material meteorizado que se encuentra bajo el sólum y la B para el horizonte intermedio entre estos dos y que entonces era considerado como de transición. Más tarde estas designaciones fueron usadas en Podzoles y otros suelos podzólicos en Rusia así como en varios lugares de Europa; y la B, se utilizó para designar el horizonte o capa de acumulación, especialmente de arcilla, óxido de hierro y alúmina. Al principio esta nomenclatura se usó en los Estados Unidos adaptada al uso europeo para los suelos podzólicos. Es así como al comienzo se hizo general la noción de que B, para ser B, tenía que ser un horizonte de acumulación. Durante estos primeros años, algunos fueron tan lejos hasta llegar a llamar B al horizonte principal de acumulación de carbonato de calcio en los suelos Chernozem y Castaños.

Desde que apareció la primera edición de este **Manual**, las definiciones se han expandido y han sido revisadas y son de esperar mayores mejoras. Por ejemplo, las presentes definiciones no son del todo adecuadas para muchos suelos Tundra y Desérticos y es posible que sea útil utilizar símbolos adicionales. Sin embargo, ningún grupo de símbolos puede sustituir en forma adecuada las descripciones sin llegar a ser demasiado difícil para uso general y preciso.

Los horizontes Ao y Aoo

Los horizontes Ao y Aoo descansan sobre el horizonte A1 de suelos no arados. Estrictamente, no son parte del horizonte A o del sólum, como se ha definido aquí, sin embargo, desde algunos puntos de vista se les puede tener como tales. (1). La exclusión de estos horizontes del sólum no significa en forma alguna que no son importantes o que su reconocimiento cuidadoso no sea esencial para la descripción útil de muchos suelos. Muchos importantes procesos formadores del suelo deben su origen en parte a los materiales producidos en estas capas. Aunque estos horizontes tienen espesores típicos y característicos para cualquier tipo de suelo particular bajo vegetación normal natural, su espesor actual varía ampliamente debido al fuego y otros disturbios comunes. Estos horizontes están especialmente bien desarrollados en los Podzoles y se encuentran en la mayoría de los suelos bajo bosque, no quemados, aunque son excesivamente delgados en algunos. Horizonte Ao y Aoo delgados pero importantes, se encuentran algunas veces en suelos desarrollados bajo pradera o matorrales desérticos.

---

(1) Los autores eligirían otras letras que no fueran A_o y A_{oo} para designar estas capas, si no fuera por el uso tan bien establecido de estas definiciones.

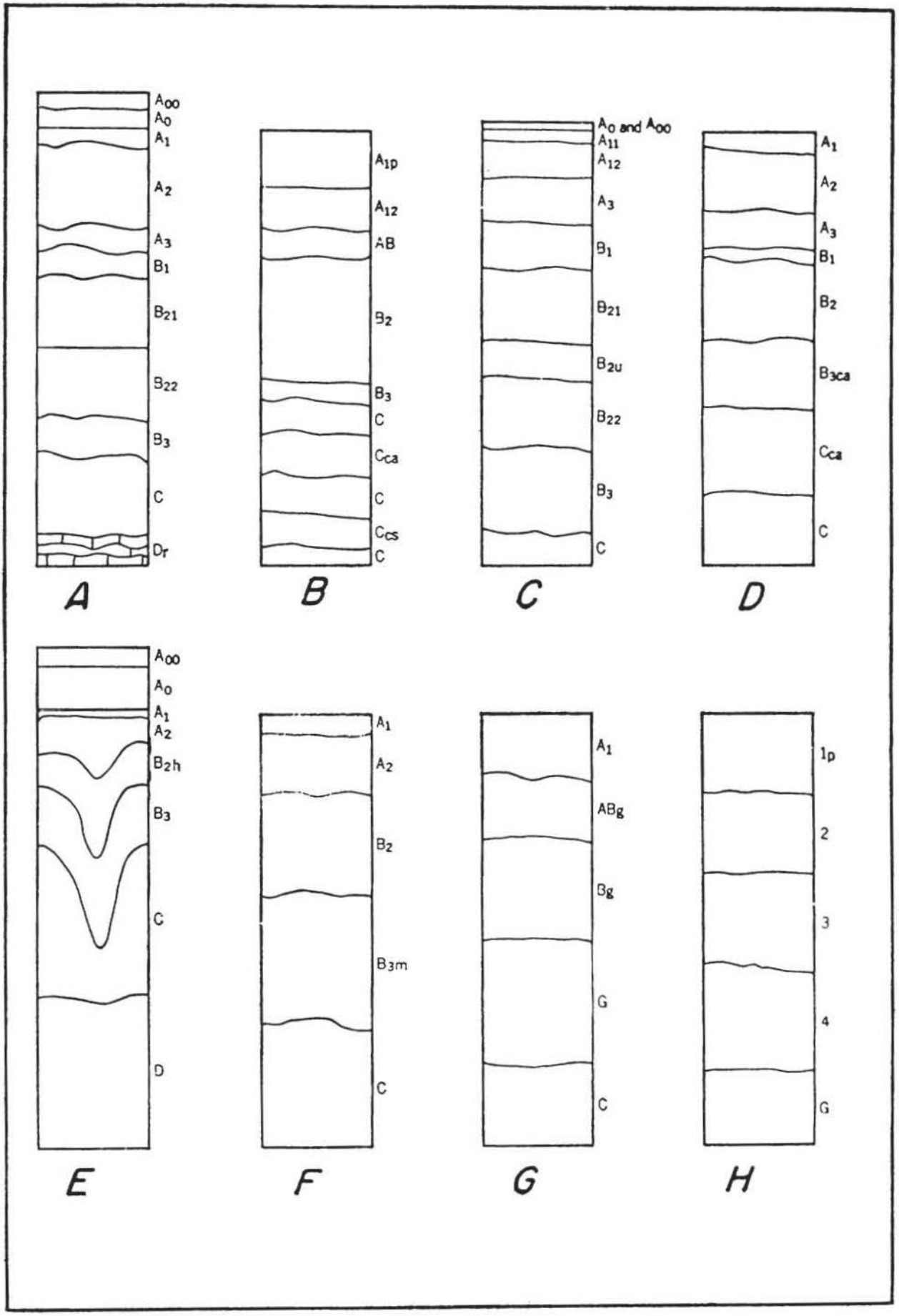


Fig. 28. — **Perfiles hipotéticos que ilustran unas cuantas designaciones: A, Podzólico pardo-grisáceo; B, Chernozem (cultivado); C, Laterítico; D, Solonetz-solodizado; E, Podzol; F, Planosol; G, Gley húmico (Wiesenboden); H, Turboso.**

Horizonte Aoo.—Es un horizonte superficial que consiste de hojas relativamente frescas, ramitas y otros resíduos de plantas, generalmente del año anterior.

Horizonte Ao.— Es un horizonte superficial que se encuentra bajo Aoo cuando este existe, y sobre A1; consiste principalmente de residuos vegetales parcialmente descompuestos.

En las descripciones de los horizontes Aoo, Ao y A1 se pueden usar las letras L, F, H u otras para indicar el carácter del material orgánico, además de las designaciones sugeridas, pero no en su lugar (2). Las subdivisiones de los horizontes Ao se hacen como las de los demás horizontes.

Los horizontes Aoo y Ao se miden hacia arriba del tope del horizonte A1, si existe,, y cuando no, del horizonte mineral superior. Es importante cumplir este convenio. El grosor de los horizontes Aoo y Ao varía tanto con el fuego que debe usarse la superficie de A1 o del suelo mineral superior como punto de referencia general en vez de utlilizar la superficie superior Aoo.

El horizonte A

El horizonte A es el horizonte principal o maestro. Consiste de 1º) uno o más horizontes minerales superficiales de acumulación máxima de materia orgánica; o 2º) horizontes superficiales o subsuperficiales que tienen colores más claros que el horizonte subyacente y el cual ha perdido minerales arcillosos, hierro y aluminio con la consecuente concentración de los minerales más resistentes; ó 3º) horizontes que pertenecen a las dos categorías anteriores.

El horizonte A y especialmente el horizonte A1 es el horizonte de actividad biológica máxima y está sujeto a las influencias más directas del clima, las plantas, los animales y las demás fuerzas del medio. En cierto sentido, el horizonte A proteje el resto del suelo y en él tienen su origen muchas de las fuerzas formadoras del suelo.

Cuando se usa la denominación de horizonte A, sin subíndices numéricos se hace referencia colectiva a todos los subhorizontes que tenga, excluyendo Aoo y Ao. En los siguientes párrafos se describen y se denominan los subhorizontes del horizonte A.

Horizonte A1.—Es un horizonte mineral superficial que tiene un contenido relativamente alto de materia orgánica, mezclado con materia mineral; usualmente tiene un color oscuro y puede o no ser un horizonte de eluviación. En casi todos los suelos es el horizonte de actividad biológica mayor y está sujeto a los mayores cambios de

(2) HEIBERG, S. O., y CHANDLER, R. F., A REVISED NOMENCLATURE OF FOREST HUMUS LAYERS FOR THE NORTHWESTERN UNITED STATES. Soil Science 52 (2) :87-99, illus, 1941; y LUNT, H. A. THE FOREST SOILS OF CONNETICUT. Conn. Agr. Expt. Sta. Bul., 523, 99 pp., illus., 1948.

temperatura y contenido de humedad. Es muy grueso en los suelos Chernozem mientras que es excesivamente delgado en muchos Podzoles. En algunos de los Podzoles, Podzoles hidromórficos, Lateritas hidromórficas y otros suelos, este horizonte es destruído por los fuegos repetidos. La medida de la profundidad de los demás horizontes se refiere a la parte superior A1, cuando existe.

Horizonte A2.—Este horizonte superficial o subsuperficial tiene una coloración generalmente más clara que el horizonte subyacente, ha perdido minerales arcillosos, hierro, aluminio o todos tres, con la consecuente concentración de los minerales más resistentes. Es un horizonte de eluviación, de lavado de materiales en solución y suspensión (3). Gran parte del material disuelto y dispersado, incluyendo la arcilla, sale del suelo totalmente y no se queda en el horizonte B. El A2 generalmente es la capa gris o ligeramente coloreada principal de los Podzoles (bleicherde), Solonetz-solodizados, Planosoles y suelos podzólicos.

Horizonte A3.—Es un horizonte de transición hacia B, que se parece más a A que a B. (Si es un horizonte de transición entre A y B no está claramente separado, especialmente en donde es delgado puede designarse como AB).

Horizonte Ap.—Es el horizonte arado o la capa superficial mezclada que no sólo incluye el horizonte A1 original. La letra p escrita abajo indica perturbación, usualmente causada por el cultivo, pero ocasionalmente por el pastoreo. Cuando la capa arada queda totalmente dentro del horizonte A1, se le designa como A1p.

El horizonte B

El **horizonte B** es un horizonte principal constituído por materiales alterados caracterizados por 1º) una acumulación de arcilla, hierro o aluminio, con material orgánico accesorio (4) ; ó 2º) estructura más o menos blocosa o prismática junto con otras características, tales como colores más fuertes, a diferencia de los de A o de los horizontes subyacentes de materiales casi sin alteración; ó 3º) características de ambas categorías. Comúnmente el límite inferior del horizonte B corresponde con el límite inferior del sólum (Véase discusión de **sólum).**

En la actualidad la acumulación de arcilla y el desarrollo de estructura prismática o blocosa son covariantes en muchos suelos

---

(3) Un horizonte que se formara dentro de los horizontes B o C a partir de sustancias lavadas y transportadas lateralmente por el agua a través de una capa gleizada, caería dentro de este concepto de horizonte A_2.

(4) El material orgánico es el constituyente principal agregado en los horizontes B de algunos Podzoles hidromórficos y en Podzoles "húmicos".

pero no en todos ellos. Las acumulaciones de arcilla total relativamente pequeñas, que se encuentran en horizontes B de suelos Chernozem y Castaños típicos, y en algunos Podzoles, no son las causas principales para que se les designe como horizontes B.

El horizonte B comúnmente es llamado horizonte iluvial en el sentido de que la materia coloidal acarreada en suspensión desde los horizontes superiores, se ha alojado en él. Debemos sin embargo recordar que la arcilla en los horizontes B puede originarse de las diferencias en formación "in situ" de arcilla residual o por la recombinación de materiales solubles movidos dentro del horizonte en forma de verdadera solución. Diferencias de textura entre los horizontes A y B pueden también surgir parcialmente a partir de la destrucción diferencial de la arcilla, como sucede por ejemplo en los suelos Podzólicos Rojo-amarillentos, tanto como por iluviación o formación residual "in situ". Cuando se usa la denominación de horizonte B, sin números o letras como subíndices, se hace referencia colectiva a todos los subhorizontes que hay en él. Estos subhorizontes se llaman y definen en la forma que sigue:

Horizonte B1.—Es un horizonte de transición entre A y B, pero más parecido a B que a A.

Horizonte B2.— Este es un horizonte de 1º) acumulación máxima de minerales arcillosos silicatados o de hierro o material orgánico ó 2º) desarrollo máximo de estructura prismática o blocosa; o puede tener tanto de la una como de la otra característica. En los horizontes B2 que tienen de ambas características, pero separadas, se deben subdividir los horizontes en B21 y B22, según sea apropiado.

Horizonte B3.—El horizonte B3 es de transición hacia C, pero más parecido a B que a C.

El horizonte C

El horizonte C (5).—Es una capa de material no consolidado, afectada relativamente poco por la influencia de los organismos y el cual se presume que es de carácter similar en composición química, física y mineralógica al material del cual, por lo menos, se ha desarrollado una porción del sólum que lo cubre. Cualquier pequeña alteración de la parte superior de C, como una reducción en el contenido de carbonato de calcio en "till" glacial, que no vaya acompañada de otros cambios, se designa como C1.

(5) Aunque la denominación de horizonte C se usa y se entiende corrientemente, no es estrictamente un horizonte del suelo tal y como se ha definido aquí, en parte debido a que está poco modificado por los procesos biológicos que actúan en la formación del suelo, y en otra parte debido a que a menudo tienen un límite inferior indeterminado.

La capa D

Capa D es la denominación que recibe cualquier estrato que se encuentre inmediatamente bajo C, o bajo B si no existe horizonte C, el cual difiera de C o que no se parezca al material del cual se ha formado el sólum. La designación Dr se usa para la roca madre consolidada, a partir de la cual se ha desarrollado C, o el material originario del sólum cuando no existe horizonte C.

Otros horizontes

Además de los horizontes comunes ya definidos, se encuentran otros que son importantes pero que se presentan con menor regularidad.

Horizonte G.—Esta es una capa de intensa reducción, caracterizada por la presencia de hierro ferroso y de colores gris neutros (6) que corrientemente cambian a pardo cuando son expuestos al aire. Es un horizonte característico de suelos desarrollados total o parcialmente por gleización. Este proceso comprende la saturación del suelo con agua por largos períodos en presencia de materia orgánica. Se puede hablar en forma apropiada de "suelos gley", pero no así de "horizonte gley" ya que el proceso se refiere al génesis del perfil total. Además de G, otros horizontes pueden estar algo gleizados, lo cual se indica por medio de una g subíndice. En ciertos casos puede que sea necesario diferenciar en la descripción entre B y G y entre C y G pueden indicarse como BG y CG cuando la gleización es más fuerte que lo indican Bg y Cg.

El horizonte G generalmente se incluye como parte del sólum, junto con A y B, pero cuando se presentan incluídos dentro de C o bajo C, no se les considera como parte de él.

Horizonte Cca.—(7) Este está formado por una capa de carbonato de calcio acumulada dentro del horizonte C, más abajo del sólum. Estos horizontes son característicos de la mayoría de los suelos chernozémicos y otros suelos de regiones subhúmedas y semiáridas. El horizonte Cca no siempre está expresado en forma clara en los Chernozems y algunas veces se le puede determinar únicamente por medio de métodos de laboratorio. Se le encuentra en algunos suelos Pradera y en algunos podzólicos, especialmente en aquellos desarrollados a partir de material inconsolidado altamente calcáreo. A me-

---

(6) Algunos horizontes G tienen colores oliva, y unos, muy pocos, casi verdes, si se les compara con la carta de colores standard.

(7) Se prefiere usar *ca* como abreviación de carbonato de calcio, en vez de usar Ca, o sea, el símbolo químico, para tener todos los subíndices en minúsculas.

nudo se le denomina como "horizonte calcáreo" o "zona de cal". Esta capa puede ser gruesa o delgada y suave o muy dura. Generalmente la dureza y grosor aumentan en los climas fríos hacia los cálidos. En las regiones frías y templadas frías las capas endurecidas se encuentran en su mayoría en grava. En las regiones cálidas semi-áridas esta capa se vuelve tan gruesa que no se la puede considerar como un horizonte del suelo. Aunque no se ha explicado con claridad su génesis, los procesos geológicos generales han contribuido indudablemente a su formación tanto como los responsables de la formación del suelo. El término **caliche** se aplica al horizonte Cca, especialmente a los de los horizontes gruesos que se encuentran en los países cálidos del Hemisferio Occidental. Para los horizontes Cca endurecidos se usa el término **"croûte calcaire"** como alternativa de **caliche endurecido.**

Anteriormente se usaba la expresión Cc para lo que hoy se designa como Cca. Las letras **ca** como subíndice se pueden utilizar también para indicar acumulación de carbonatos de calcio en otros horizontes o capas.

Horizonte Ccs.—Es una capa de acumulación de sulfato de calcio dentro del horizonte C. Tales horizontes comúnmente se presentan bajo los horizontes Cca de suelos chernozémicos. Las letras **cs** suscritas pueden usarse también con cualquier otro horizonte o capa para indicar acumulaciones de sulfato de calcio.

LETRAS SUBINDICES

Para indicar procesos que han estado activos dentro de un horizonte o capa, se pueden usar letras como subíndices, pero éstos no son ni pueden ser substitutos de las descripciones apropiadas. A continuación se sugieren algunos:

b: Letra que se suscribe para indicar un horizonte enterrado. Así, para indicar horizontes enterrados bajo el solum o parte de él, se designan A_{1b}, B_{2b}, etc.

ca: Para indicar acumulaciones de carbonato de calcio, como D_{ca} o B_{3ca}.

cn: Acumulación de concreciones ricas en hierro, hierro y manganeso o hierro y fosfato (como por ejemplo, *perdigones* o el "cartucho" de algunos suelos del Noroeste del Pacífico).

cs: Acumulación de sulfato de calcio (yeso), como en D_{cs}.

f: Suelo congelado, como C_f en suelos Tundra (8).

g: Para horizontes gleizados, como B_g o B_{3g}.

h*: (9) Para acumulaciones de importancia de materia orgánica en el horizonte, como en el B_2 de un Podzol "humus", que lo convierten en B_{2h}.

ir*: Acumulaciones notables de hierro finamente diseminado en el horizonte, como en el B_2 de los Podzoles "hierro", lo cual lo convierte B_{2ir}.

m: Se usa subscribir esta letra (que sugiere "masivo") en horizontes endurecidos, compuestos principalmente de minerales silicatados, como en los "fragipanes", en el solum o bajo él, las cuales están endurecidas mucho más de lo que están normalmente los horizontes que han recibido la designación principal. Tal horizonte endurecido recibe su designación apropiada como B, B_2, C o G y luego se le agrega la letra subscrita para formar B_m, B_{2m}, C_m o G_m (10).

p: Indica aradura u otro disturbio, en relación especial con el horizonte A.

r: Se usa subscribir esta letra en relación con la capa D, o sea, con la roca dura, de la cual se ha desarrollado C.

sa: Para acumulaciones de sales solubles que no sean carbonato o sulfato de calcio.

t*: Se usa para acumulaciones notables de arcilla en el horizonte, como sucede a veces con el horizonte B_2 de suelos podzólicos más ricos en arcilla que el horizonte B_2 de los suelos normales asociados, lo cual lo convierte en B_{2t}. (La t viene del alemán *Ton* = arcilla).

u: Capa discordante con las características heredadas por el material edáfico adyacente, como líneas de piedra dentro del horizonte B, lo cual lo convierte en B_{3u}.

Las designaciones con letras no son suficientes para todas las situaciones. Por ejemplo, los horizontes A_1 de Podzoles "humus" pueden estar engrosados desde 10 hasta 50 centímetros por medio de un largo tratamiento con composte. Se pueden encontrar enterrados toda clase de horizontes truncados parcialmente. Cuando se

---

(8) Los términos "permafrost" (inglés), "tjäle" (sueco) o "merzlota" (ruso) se reservan para los suelos permanentemente congelados. Una descripción del perfil únicamente puede indicar si el suelo está congelado en el momento en que el examen se realiza.

(9) Cuando las letras o números suscritos se marcan con un asterisco ordinariamente se usan en referencia únicamente al horizonte B.

(10) En algunos casos puede que sea difícil asignar una designación mayor, como por ejemplo A, B, C, G o D a un horizonte o capa endurecidos en forma muy notable. En tales casos, si el endurecimiento es irreversible, se puede dar al horizonte la designación M, la cual debe ser usada sólo en forma restringida y cuidadosa. No se usa indicar capas duras compuestas principalmente de carbonato de calcio, ni para los endurecimientos característicos del horizonte genético, como en el B_h (ortstein) de suelos Podzoles arenosos típicos o Podzoles hidromórficos.

encuentran suelos generalmente no frecuentes pero de importancia en un área, pueden agregarse símbolos siempre que ellos no causen conflictos con los que se han dado arriba. Por ejemplo, se pueden usar las letras *an* subscritas, para capas formadas por el hombre o antrópicas, que se encuentran bajo A_p, si es que existe, y sobre las capas no disturbadas. Es así como un Podzol "humus" antrópico puede tener horizontes A_{1anp}, A_{1an}, A_1, A_2, B_2, B_3 y C.

Es más, la nomenclatura A-B-C de los horizontes del suelo ha sido aplicada principalmente a aquellas capas compuestas principalmente de materia mineral. Las capas dominantes orgánicas de los suelos hidromórficos, Turbosos y Semiturbosos, no pueden lógicamente designarse con esta nomenclatura. Las capas separadas de estos suelos se numeran simplemente 1, 2, 3, etc., hasta llegar a los horizontes C o D, o al límite del examen en los suelos Turbosos o hasta G o C en los Semiturbosos. Una capa superficial arada, si aún permanece como turba, "muck" o "muck" turboso, puede designarse como 1_p; mientras que la superficie mezclada, orgánica y mineral, de un semiturboso cultivado o de un turboso quemado, se designa A_p.

Subdivisiones de los horizontes

A menudo surge la necesidad de subdividir aún más los horizontes principales, especialmente en estudios detallados de la morfología del suelo. Cuando se recolectan muestras para investigación del origen de los suelos, los horizontes gruesos pueden incluir diferencias significativas y pueden, por lo tanto, subdividirse arbitrariamente en dos o más muestras. Es importante que estas subdivisiones sean designadas con claridad dentro del sistema general de la nomenclatura de los horizontes. Para cumplir con esto último, se agregan los números 1, 2, 3, etc., al horizonte completo. De esta manera, cuando se subdivide el horizonte A_o en tres partes, se indican A_{o1}, A_{o2} y A_{o3}. Dos subdivisiones de B_2 pueden indicarse así: B_{21} y B_{22}. Cuando se utilicen estos números junto con otros subíndices deben colocarse a continuación de cualquiera de las letras que en ellos se usen; en esta forma, las subdivisiones de A_{1p}, pasan a A_{1p1} y A_{1p2}.

Un horizonte B_2 enterrado, subdividido en dos partes, se rotula así: B_{2b1} y B_{2b2}.

El sólum

El sólum puede definirse simplemente como el suelo genético desarrollado por las fuerzas constructoras. En los suelos normales, el sólum incluye los horizontes A y B, o la parte superior del perfil del suelo que se halle sobre el material originario.

Aunque el concepto de *sólum* es comunmente comprendido por los edafólogos, esta definición es engañosamente simple. Especialmente en algunos de los suelos intrazonables, los sola actuales no

son fáciles de determinar; y en algunos suelos sus límites inferiores pueden establecerse únicamente en forma arbitraria, digamos a 2 metros, o al nivel inferior en que se encuentren raíces. Cuando se usa en relación con suelos como éstos, es posible que el término "solum" deba ser definido en relación con ellos.

Las dificultades relacionadas con el solum surgen principalmente del hecho que los procesos de formación del suelo a menudo se funden con los procesos geológicos generales. Aunque es importante distinguir entre los procesos geológicos y los formadores del suelo, igualmente importante es reconocer que ellos usualmente tienen lugar al mismo tiempo y que los suelos son influenciados por ambos. Es de poca utilidad discutir desde el punto de vista semántico, acerca de ciertos fenómenos que tomar lugar en el perfil y que son el resultado de las combinaciones de dos grupos de procesos o que pueden adjudicarse a uno de ellos unas veces y otras al otro. Estas dificultades se explican, por medio de ejemplos comunes, en los párrafos siguientes.

...."Croûte calcarie".—"Croûte calcarie" o sea el caliche endurecido, se encuentra a menudo en masas de gran espesor sobre las cuales sólo se encuentran unos pocos centímetros de suelo. Por ejemplo, podemos considerar los horizontes Cca comunes de los Chernozems, como parte del perfil, aunque ellos no se encuentren dentro del sólum (11). Su génesis y relaciones con el sólum no originan dificultades particulares. Sin embargo, es muy diferente incluir de 2,50 a 10 metros de "croûte calcaire" como parte del perfil de un suelo Pardorojizo. Indudablemente que este "croûte calcaire" está relacionado con el sólum y debe describirse cuando se haga la descripción del perfil del suelo, pero también es cierto que para su formación los procesos geológicos generales han estado trabajando, junto con los procesos formadores del suelo, por un tiempo muy largo.

Laterita.—El término incluye materiales ricos en sesquióxidos arcillosos altamente meteorizados, que se han endurecido irreversiblemente a concresiones, "hardpans", o costras cuando se han deshidratado, así como restos endurecidos de tales materiales más o menos mezclados con cuarzo y otros componentes. La laterita se encuentra en muchos suelos y es característica del suelo denominado Laterita hidromórfica. En el perfil de una Laterita hidromórfica, los horizontes se pueden fácilmente designar como A1, A2, A3 y B1 hasta B2 y tal vez hasta B3. El mismo material puede continuar prácticamente sin cambio por 10 metros o algo así sin un lugar definido en donde hacer la división entre el sólum y el material subyacente. Sería irrazonable excluir la parte superior de la laterita del

(11) Admitimos que esto puede parecer algo arbitrario. En muchos suelos Chernozem y Chesnut, parece que el sólum podría definirse en tal forma que incluya el Cca; pero en otros desarrollados a partir de materiales bajos en calcio, el Cca se encuentra muy profundo dentro del horizonte C y muy lejos del sólum.

sólum; y parece irrazonable incluir la parte inferior, tan alejada de la influencia de los organismos.

Material edáfico gleizado.—El material edáfico gleizado puede encontrarse a unos pocos centímetros bajo la superficie de suelos hidromórficos y, en algunos casos, continuar hacia abajo por muchos metros sin cambio esencial. Tales condiciones pueden presentarse con motivo del relleno gradual de una depresión húmeda, cuyo horizonte A reciba aportes superficiales, mientras que se está gleizando en la parte inferior. Finalmente el horizonte A descansaría sobre masas de gran espesor de material gleizado, el cual puede ser relativamente uniforme, especialmente en los tipos arenosos. Es obvio que la parte superior pertenece al sólum mientras que la inferior no pertenece. Esta ilustración no es extensiva a otros suelos gleizados. En muchos de ellos el horizonte G forma claramente parte del sólum y tiene un lindero inferior claramente definido con el horizonte C.

Material edáfico permanentemente helado.—(permafrost).—El material edáfico permanentemente helado que se encuentra bajo el suelo en las regiones árticas y subárticas se denomina "permafrost". Se dice que el lindero superior, o sea el nivel permanentemente congelado, coincide con los límites inferiores del deshielo estacional. El límite superior del suelo congelado varía, desde luego, con la estación de mes a mes durante el verano y de año a año. El suelo que se congela y se deshiela estacionalmente está sobre el nivel de congelación permanente. El suelo congelado se puede extender por varios metros hacia abajo, aún hasta varios cientos de metros. En este caso una vez más, el edafólogo puede, en forma apropiada, colocar una parte del suelo congelado dentro del perfil o en el sólum, tal como si se tratara de una capa "termal" endurecida, especialmente si contiene materia orgánica y si tiene una relación definida con los horizontes superiores del sólum. En muchos suelos con "permafrost" el nivel de congelación permanente se encuentra hondo bajo el sólum, en el horizonte C o aún bajo él.

Algunos suelos no tienen sólum del todo, aunque sobre ellos se desarrollen plantas. Ejemplos citables son los suelos muy jóvenes provenientes de acumulaciones recientes de cenizas volcánicas, aluvión o loess. Se requiere como mínimo algún tiempo antes de que se formen horizontes genéticos reconocibles.

TERMINOS POPULARES USADOS PARA DESIGNAR CAPAS DEL SUELO

Varios términos populares han sido usados desde hace mucho tiempo en referencia a ciertos horizontes o grupos de horizontes. Tales términos son sumamente difíciles de definir con precisión, son muy viejos y han sido usados por los legos con sentido ampliamente diferentes.

Capa arable: (Topsoil). — Es un término general, usado por lo menos en cuatro sentidos: 1º) para la capa arable superficial (Ap) y por lo tanto como sinónimo de suelo superficial: 2º) para el hohizonte A1 presente u original, y por lo tanto sumamente variable entre los diferentes suelos; 3º) para el horizonte A presente u original y 4º) para suelo presumiblemente fértil, usualmente rico en materia orgánica, usado para aplicar cortes y taludes de carretera, huertos y jardines.

Los autores no conocen la forma de establecer una definición específica para el término, que lo haga claro en las descripciones de suelos,aunque sea solo en forma razonable. Por lo tanto debe evitarse su uso, excepto cuando se aplique en el sentido explicado en (4).

Suelo superficial, es el suelo que se mueve ordinariamente en las operaciones de labranza, o su equivalente en suelos no cultivados, esto es, un espesor de 12 a 20 cms. Su profundidad es variable entre diferentes regiones edáficas. Cuando el término se usa sin calificativo, se hace referencia al suelo superficial existente, indiferentemente de su origen. Si se hace referencia a una condición anterior, el término debe ser modificado y entonces se dice **suelo superficial original,** como cuando se dice que "50 por ciento del suelo superficial original ha sido perdido por erosión laminar".

Suelo subsuperficial es un término que se refiere a la parte del horizonte A que se encuentra bajo el suelo superficial. En suelos con perfil debilmente desarrollado, el suelo subsuperficial puede definirse únicamente en términos de profundidades arbitrarias.

Subsuelo.—Se refiere al horizonte B de suelos que tienen perfiles bien definidos. En suelos con un desarrollo débil de perfil, el subsuelo puede definirse como el suelo bajo el suelo superficial en el cual crecen normalmente las raíces o también en términos de profundidades arbitrarias. Es un término inapropiado heredado de los días cuando se concebía como "suelo" únicamente la capa arada, de aquí que todo lo que se encontrare bajo el suelo fuera llamado "subsuelo".

Substrato, es una capa cualquiera que se encuentra bajo el sólum, ya sea conforme (C) o inconforme (D).

Medición de los horizontes

Las designaciones y descripciones de los diversos horizontes del perfil del suelo siguen el orden de su identificación y ubicación

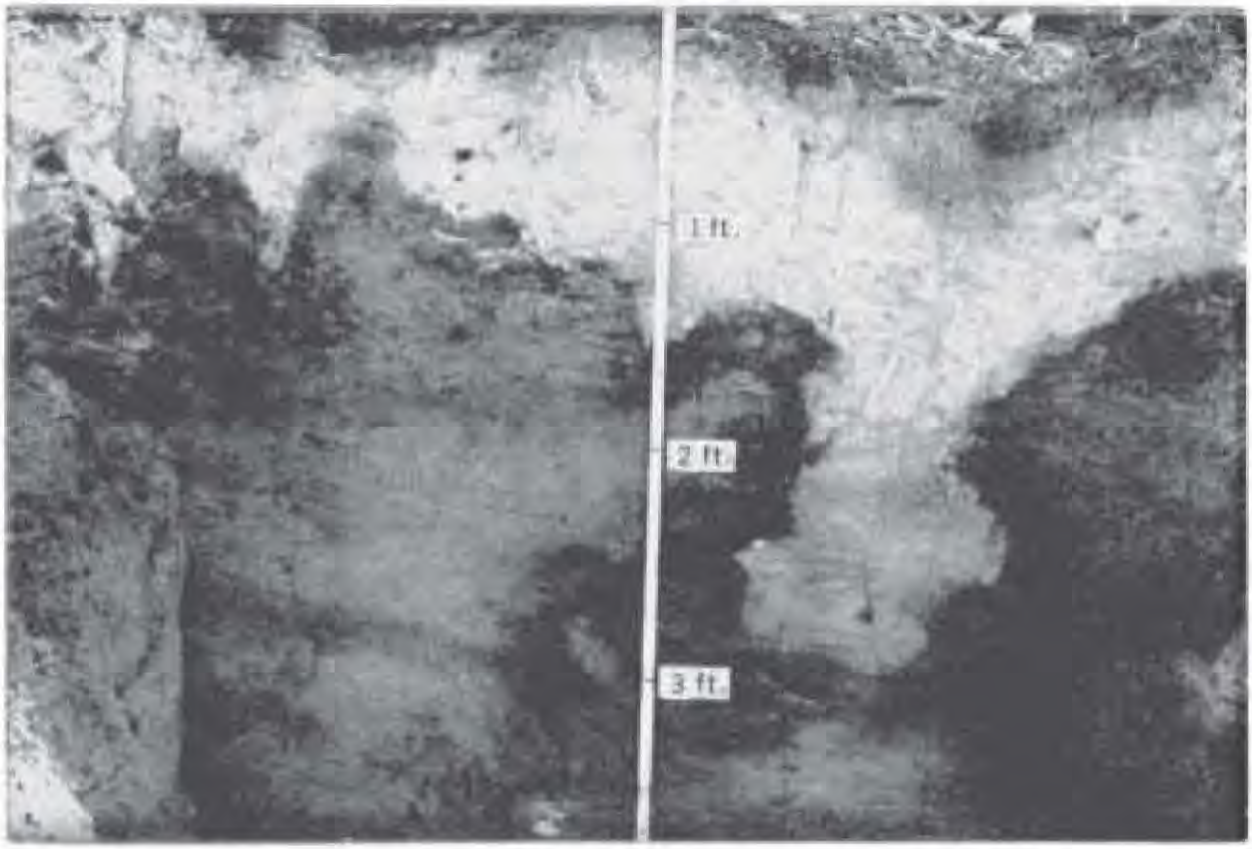


Fig. 29. — **Perfil de un Podzol sobre material arenoso, ilustrando un lindero sumamente irregular entre horizontes.**

en el perfil. La descripción del perfil total puede facilitarse mucho por medio de un diagrama a escala, por un esquema o por una fotografía en la cual se muestren los límites entre los horizontes. (12)

Profundidad y espesor de los horizontes

La descripción del perfil debe incluir para cada horizonte (o capa) tanto 1º) el espesor en centímetros, como 2º) la profundidad de los linderos de los horizontes medida desde el tope de A1 (13). Cuando los dos grupos de cifras varían mucho, es necesario darlas

(12) El lector encontrará en varias publicaciones muchos esquemas para medir horizontes. Los mejores son los que siguen los esbozos convencionales de las características del suelo y en donde no se hace ninguna omisión inadvertida. C. C. NIKIFOROFF ha esbozado un esquema excelente en un artículo titulado METHOD OF RECORDING SOIL DATA. Soil Sci. Coc. America Proc., 1:307-317. 1936. El esquema por él esbozado necesita únicamente revisión en cuanto a clases y grados de características de los horizontes con el fin de ponerlo al día con las prácticas corrientes. (Véase también la página 191.)

(13) Esta regla estándar se aplica a todos los suelos, excepto los turbosos y semiturbosos, en los cuales las medidas se indican a partir del tope de la turba, sin contar las hojas y ramas frescas (A_{00}). En otros suelos, cuando el horizonte A_1 falta, las medidas se toman del tope de A_p u otro horizonte superficial, que puede ser A_2 en suelos podzólicos severamente quemados, o el B_2 en suelos con perfiles truncados, cuando éste sea el horizonte superficial.

por separado con el fin de evitar confusiones. El límite superior de un horizonte B2, por ejemplo, puede encontrarse entre 25 a 45 centímetros bajo el tope de A1; y el límite inferior de 50 a 80 centímetros bajo el tope de A1; además el espesor puede variar de 20 a 40 centímetros y no de 5 a 55 centímetros como podría interpretarse de las cifras dadas en relación a la profundidad a partir del tope de A1. En el caso de horizontes muy irregulares, aún las cifras del grosor y la profundidad no dan una idea adecuada. El cuerpo principal del horizonte A2 de un Podzol, por ejemplo, puede tener un grosor entre 13 y 22 centímetros, con un lindero superior de una profundidad de 0,8 a 1,6 cm. y un límite inferior que generalmente tiene de 12 a 20 centímetros de profundidad pero con lengüetas irregulares que se extienden hasta 45 centímetros. El límite inferior del B2 subyacente puede variar similarmente, desde 25 centímetros hasta 60 centímetros de profundidad, aunque el espesor sea únicamente de 10 a 30 centímetros.

En podzoles arenosos con microrelieve, no es raro encontrar lengüetas del horizonte A2 que lleguen hasta colocarse bajo B2 en tal forma que un corte vertical del suelo pasaría por A1, A2 y otra vez por una lengüeta de A2, luego otra vez por B2 y finalmente a través de B3 hasta C (fig. 29). Este ejemplo ilustra la necesidad de abrir zanjas de largo considerable para el examen de los perfiles del suelo y especialmente para la toma de muestras, pues de otro modo se puede incurrir en errores serios. Muchos horizontes de suelos tienen lengüetas u otras irregularidades similares, como son por ejemplo las crotovinas comunes de los suelos Chernozem y Castaños.

Los límites entre los horizontes

Los límites entre los horizontes varían en 1º) claridad y 2º) en la topografía de su superficie. Algunos límites son claros y definidos, como entre los horizontes A2 y B2 de la mayoría de los suelos Solonetz-solodizados y en los Podzoles bien desarrollados. Pueden ser también difusos, con un horizonte que gradualmente se funde con otro, como sucede con los horizontes A1 y A3 de los Chernozem o los B2 y B3 de muchos suelos lateríticos. Cuando se presentan estos horizontes difusos, la localización de los límites requiere dilatadas comparaciones de pequeñas muestras procedentes de varias partes del perfil, hasta que se establezcan los puntos medios. Pueden insertarse pequeños marcadores hasta que se definan todos los horizontes del perfil; entonces se pueden tomar medidas y finalmente pueden describirse y tomarse muestras de los horizontes individualmente. A menudo es ventajoso comenzar la toma de muestras a partir del horizonte más bajo.

La diferenciación que el observador puede hacer de los horizontes depende parcialmente del contraste que haya entre ellos—algunos horizontes adyacentes tienen varios rasgos muy contrastan-

tes especialmente el espesor mismo del horizonte o la extensión del perfil ocupada por la transición entre un horizonte y el siguiente. Los espesores característicos de los límites entre suelos pueden describirse como sigue: (1º) **abrupto,** si tiene menos de 2,5 cms., (2º) **claro,** si tiene entre 2,5 y 7 cms. de ancho, (3º) **gradual,** si es de 7 a 13 cms., y (4º) **difuso,** si tiene más de 13 cms. de ancho.

La topografía de los diversos horizontes del suelo varía, y así varía también la claridad con que se presenta. Aunque las observaciones de los horizontes del suelo se hacen en los perfiles o secciones y es de ahí de donde se toman fotografías o se hacen bosquejos, debemos recordar siempre que los horizontes no son "bandas" (u "horizontes" en el sentido en que se entiende esta palabra en el lenguaje corriente), sino más bien capas tridimensionales que pueden ser uniformes o excesivamente irregulares. Es así como el límite entre horizontes puede describirse como (1º) **uniforme,** si es casi un plano; (2º) **ondulado** u ondulante si tiene bolsas de mayor anchura que profundidad; (3º) **irregular,** si tiene bolsas más profundas que anchas y (4º) **quebrado,** cuando partes del horizonte están desconectadas de otras, como en el horizonte B2 de las grietas calcareas de un Terra Rossa truncado.

Variaciones horizontales

Los perfiles de suelos que tengan microrelieves bien desarrollados, no pueden describirse utilizando calicatas. Para describir tales perfiles, o para entender la forma como un perfil se funde en otro, se debe abrir una zanja larga en tal forma que se puedan medir los horizontes, describirse, esbozarse y tomar las muestras en intervalos horizontales debidos. Pueden ponerse pequeñas estacas en el margen de la zanja, a intervalos de 15 ó 30 centímetros, las cuales pueden servir de puntos de referencia. Usando una estaca como el punto cero, pueden medirse las elevaciones relativas de los otros puntos con un nivel corriente de topografía.

Para observar cualquier resquebrajadura horizontal o disposición especial en el suelo, es a menudo revelador remover los horizontes del suelo uno por uno hacia abajo, en una área de un metro cuadrado o más. Así se pueden descubrir, por ejemplo, grandes resquebrajaduras hexagonales en capas endurecidas (hardpans), o capas arcillosas (claypans), las cuales no se pueden determinar si solo se realizan cortes verticales y las cuales evidencian influencias previas de congelamiento, humedecimiento o desecación, interrumpidas por acarreos que luego pasaron a formar parte del sólum.

EL COLOR DEL SUELO

El color es la característica del suelo más obvia y facilmente determinable. Aunque tiene poca influencia directa sobre su funcionamiento, se pueden deducir una gran cantidad de hechos acerca de los suelos por medio del color, cuando se le considera en relación con otros rasgos observables. Es así como el significado del color es una medida casi completa de otras características o cualidades más importantes, las cuales no se pueden observar tan facilmente y con tanta precisión. El color es una de las características más útiles y más importantes para la identificación de los suelos, especialmente cuando se le combina con la estructura.

Significado del color

El contenido de materia orgánica del suelo, por ejemplo, es una característica comúnmente indicada por el color del suelo, aunque únicamente en forma aproximada. Generalmente en los climas templados, los suelos oscuros son relativamente más ricos en materia orgánica que los colores más claros. En los suelos bien drenados, los colores usualmente cambian desde el pardo muy pálido, a través de pardos intermedios hasta pardo muy oscuro o negro, conforme aumenta la materia orgánica. La parte más estable de la materia orgánica descompuesta, el humus, es más oscuro que la materia orgánica cruda o los residuos vegetales menos descompuestos. La turba cruda es de color pardo, mientras que los suelos orgánicos más fértiles derivados de turbas bien descompuestas son negros o casi negros.

Como el color de la materia orgánica es variable y no es ella tampoco la única substancia colorante que se encuentra en los suelos, el color del suelo por sí mismo no constituye una medida precisa de este constituyente tan importante. Los suelos bien drenados que

tienen la misma relativa alta cantidad de materia orgánica son de un color más pardo y menos negros bajo temperaturas anuales altas que los suelos de las regiones frías. Sin embargo, las arcillas oscuras de las regiones templado cálidas y tropicales, las cuales incluyen algunos de los suelos más negros del mundo, muy raras veces contienen más de un 3 por ciento de materia orgánica. Su color puede variar de gris medio hasta negro con cambios de materia orgánica correspondientes muy pequeños o sin cambios. Areas de arcillas negras "self-mulching", con contenido de materia orgánica entre el 2 y 3 por ciento, pueden encontrarse lado a lado con suelos lateríticos pardo-rojizos que tienen dos o tres veces más materia orgánica. Los suelos de colores oscuros, bajos en materia orgánica, pueden contener compuestos de hierro y humus, carbón elemental, compuestos de manganeso y magnetita. La intensidad del color depende de la naturaleza y distribución de la materia orgánica tanto como de la cantidad total. En suelos Solonetz altamente alcalinos, por ejemplo, la materia muy dispersada cubre aparentemente cada grano de suelo. Tales suelos son casi negros con contenidos relativamente bajos de materia orgánica total.

El color de los suelos generalmente está relacionado con óxidos de hierro anhidros, aunque también pueden contribuir a esta coloración el óxido de manganeso y los óxidos de hierro parcialmente hidratados. Debido a que los óxidos de hierro no hidratados son relativamente inestables bajo condiciones húmedas, los colores rojos usualmente son indicadores de un buen drenaje y aireación. En superficies convexas con rocas subyacentes permeables se encuentran generalmente suelos de colores rojos muy fuertes. Sin embargo muchos suelos rojos deben su color a herencia del material originario y no a los procesos formadores del suelo, ya que los colores rojos pueden persistir por siglos en suelos sometidos a condiciones húmedas (1).

En regiones en donde el suelo normal tiene color rojo, los colores rojos bien desarrollados constituyen una indicación de que los suelos son relativamente viejos o al menos de que el material edáfico ha estado sometido por un tiempo considerable a los efectos de una meteorización intensa; sin embargo, ocasionalmente los colores rojos se desarrollan muy rápidamente. Siendo las demás condiciones iguales los colores rojos y amarillos de los suelos generalmente aumentan tanto en prevalencia como en intensidad conforme se pasa de las zonas frías hacia el Ecuador; la intensidad de la meteorización aumenta con la temperatura. Además, muchas superficies terrestres muy viejas pueden encontrarse en regiones cálidas, especialmente si se comparan con regiones glaciadas frías y templadas.

---

(1) Los suelos que deben su color a herencia del material originario más bien que a los procesos formadores del suelo, se denominan *litocrómicos*.

El color amarillo de los suelos también se debe en su mayor parte a óxidos de hierro (2). Los colores amarillos en los horizontes más profundos, indican generalmente climas algo más húmedos que cuando tales colores son rojos. Las diferencias climáticas generales pueden más bien ser de humedad y nubosidad que de precipitación. En donde se encuentran suelos rojos y amarillosos asociados, desarrollados de la misma clase de material originario, los suelos amarillos comúnmente ocupan los sitios menos convexos y más húmedos. Cuando todas las demás condiciones son iguales, los colores amarillos son también más corrientes que los rojos en regiones de alta humedad y de mucha nubosidad. Aparentemente sin embargo, toma un largo tiempo cambiar un suelo amarillo a rojo: se encuentran suelos amarillos con pendientes fortísimas en regiones de levantamientos geológicos recientes, con disección rápida.

Los óxidos de hierro se presentan en todos los colores, desde amarillo en un extremo, hasta el rojo en el otro. Es así como muchos suelos pardos contienen altas cantidades relativas de óxidos de hierro junto con materia orgánica.

El color de las arenas amarillas bien drenadas se debe a la presencia de pequeñas cantidades de materia orgánica así como de otros materiales colorantes como óxidos de hierro, los cuales se encuentran mezclados con grandes cantidades de arenas casi blancas.

Los colores gris y blancuzco de los suelos son causados por varias sustancias, principalmente cuarzo, caolín y otros minerales arcillosos, carbonatos de calcio y magnesio, yeso y varias sales y compuestos de óxido ferroso. Los colores más grises (con intensidades de menos de 1, valores de 2.5 a 7.5 en la Tabla de Munsell) encontrados en los suelos, son los de los horizontes G permanentemente saturados. En estos el hierro se encuentra en la forma ferrosa. Al-

---

(2) En el pasado se han atribuído el color rojo a óxidos de hierro no hidratados y el color amarillo a los hidratados. Parece completamente claro el que el color rojo se deba a los óxidos de hierro no hidratados, pero el amarillo es de más difícil explicación. Hay evidencias recientes de que algunos suelos amarillos no tienen óxidos de hierro hidratados. De aquí surge un interrogante en cuanto a su presencia generalizada en suelos bien drenados. Aunque no se llegara a resolver esta interrogante en el presente en una forma u otra, deben examinarse explicaciones alternativas en cuanto a los colores amarillos. Se sabe que el tamaño de las partículas de algunos precipitados coloidales afecta el color, y esto puede ser también aplicable a los óxidos de hierro que se encuentran en los suelos. Es más, se tiene evidencia de que el óxido férrico que se halla en los suelos podzólicos rojo-amarillentos de la parte sureste de los Estados Unidos, que tienen horizontes B rojos, es reducido más fácilmente que el óxido férrico que se encuentra en suelos asociados con horizontes B amarillos. Se ha sugerido que el color amarillo de algunos perfiles se debe a una mezcla sólido-líquida de óxidos de hierro y aluminio.

gunos suelos son tan ricos en estos compuestos que su color gris puro parece más bien azulado (3).

Los suelos con drenaje pobre o imperfecto casi siempre presentan moteado con diversos matices de gris, pardo y amarillo, especialmente en la zona de fluctuación de la capa freática. Bajo presencia de materia orgánica la proporción de gris generalmente aumenta conforme aumenta la humedad. Cuando no hay materia orgánica, los materiales húmedos muy raramente tienen una coloración gris muy clara.

El color gris claro puede indicar un contenido muy bajo de materia orgánica y hierro, tal y como sucede en los horizontes A2 de los Podzoles, o en las arenas formadas casi totalmente por cuarzo. En las partes bajas de los suelos lateríticos y Lateritas hidromórficas se encuentran comúnmente capas irregulares de arcillas blancas de las cuales ha sido removido el hierro. En regiones áridas y semiáridas, ciertos horizontes pueden ser blancos o casi blancos debido al alto contenido de carbonato de calcio, yeso u otras sales.

Algunas veces se encuentran colores casi blancos debidos a herencia del material originario, como sucede por ejemplo en los Regosoles y suelos Esqueléticos que se encuentran sobre marga u otras rocas blancas. La falla en cuanto a acumulación de materia orgánica de algunos suelos indica ordinariamente un medio desfavorable para las plantas y los microorganismos. Los suelos blancos son invariablemente de naturaleza improductiva, aunque algunos pocos responden a buen manejo, tal y como es el caso de algunas Rendzinas muy débilmente desarrolladas.

La disposición de los colores

Casi todos los perfiles de suelo consisten de varios horizontes que difieren en color. Para cada suelo que se examina y describe en el campo, deben registrarse los colores del perfil completo. En un horizonte se puede encontrar un color uniforme o puede aparecer punteado, rayado, moteado o jaspeado de varias formas. Las acumulaciones locales de cal o de materia orgánica pueden producir una apariencia de moteo. Algunas manchas o lengüetas de color pueden deberse al traslado de coloides, materia orgánica o compuestos de hierro desde los horizontes superiores hacia abajo. Ciertas combinaciones de colores moteados, principalmente los gris y pardos,

(3) El color corriente de los horizontes G es de matiz amarillo, generalmente alrededor de 2.5Y, pero de intensidad tan débil que más bien parecen tener el matiz complementario cuando se les ve en contraste con otros colores más fuertes que sirvan de fondo. El matiz complementario de 10YR, que es el más corriente en suelos, es 10B, que es un azul. Los horizontes G generalmente tienen intensidades menores de 1 antes de exponerlos a la alteración del aire; cuando se los expone al aire, los colores cambian rápidamente, algunas veces en pocos minutos. Muy pocas muestras de horizontes G secados al aire tienen intensidades menores de 1.

indican deficiencias en el drenaje. La palabra "moteado" significa que tiene manchas de color. Algunos colores moteados no están asociados con drenaje pobre, ya sea en el pasado o en el presente. El moteado o el jaspeado en el color se presenta en muchos horizontes y especialmente en materiales originarios no meteorizados. totalmente.

El moteado en los suelos se describe anotando: 1º) El color de la matriz y el color o colores de las manchas principales y 2º) la disposición del moteado. El color de las manchas puede definirse usando las anotaciones de Munsell, tal y como se hace con otras masas de suelo; pero generalmente es suficiente y hasta mejor usar los equivalentes lingüísticos estándar ya que el color determinado y preciso de las manchas muy raramente es significativo. Es más, las descripciones de colores de los horizontes que tienen varias anotaciones Munsell son difíciles de leer con rapidez.

La disposición de las manchas puede describirse convenientemente por medio de tres conjuntos de anotaciones: contraste, abundancia y tamaño (4).

Contraste.—El contraste puede describirse como: **tenue, claro** y **prominente.**

Tenue: Las manchas tenues se pueden evidenciar y reconocer únicamente por medio de un examen detenido. Los colores, tanto de la matriz como de las manchas tienen intensidades y matices relacionados muy cercanamente.

Claro: Las manchas, aunque no son prominentes, se pueden ver con facilidad. El matiz, la pureza y la intensidad de la matriz, se pueden distinguir fácilmente del de las manchas. Pueden llegar a variar hasta uno y dos matices o varias unidades en pureza e intensidad. La disposición de los colores puede presentarse como una matriz con motas o de una mezcla de dos o más colores.

Prominente: Una de las principales características del horizonte prominente es el moteado con manchas conspícuas. El matiz, la pureza y la intensidad pueden estar separados por varias unidades. La disposición puede presentarse como una matriz con manchas contrastantes o en forma de una mezcla de dos o más colores.

Abundancia: La abundancia de las manchas puede indicarse por medio de tres clases generales: pocas, frecuentes y muchas, basadas en la cantidad relativa de superficie moteada en la unidad de área del horizonte expuesto, tal y como se explica a continuación: (5)

---

(4) Esta discusión se basa en una publicación reciente: SIMONSON, R. W., DESCRIPTION OF MOTTLING IN SOILS, Soil Science. 7:187-192, 1951.

(5) Los límites que se sugieren son solamente tentativos. Se necesita más investigación para establecer las clases más útiles de tamaño, así como el número de clases.

Pocas: Las manchas ocupan algo menos del 2 por ciento de la superficie expuesta.

Frecuentes: Las manchas ocupan entre el 2 y el 20 por ciento de la superficie expuesta.

Muchas: Las manchas ocupan más del 20 por ciento de la superficie expuesta. Esta última clase puede ser posteriormente subdividida así: (a) las manchas se encuentran en una matriz definida o (b) no existe un color definido de la matriz.

Tamaño.—El tamaño se refiere al diámetro aproximado de las manchas individuales. Pueden usarse tres clases de tamaño en la forma siguiente:

Fino: Las manchas tienen un diámetro menor de 5 mm. medido sobre su mayor dimensión.

Medio: Las manchas tienen un diámetro que oscila entre 5 y 15 mm. en su mayor dimensión.

Grueso: Las manchas tienen a lo largo de su mayor dimensión más de 15 mm. de largo.

En los exámenes detallados de algunos horizontes, puede ser necesario agregar más observaciones acerca del moteado para indicar si los límites de las manchas son bien definidos (filo de navaja), claros (de un ancho menor de 2 mm.), o difusos (de más de 2 mm. ancho). Aunque muchas manchas son de una forma general circular en su sección transversal, otras son alargadas y se funden en rayas o lenguas. Sin embargo, normalmente, el moteado no conlleva diferencias en textura si se la compara con la de la matriz; muchos suelos muestran moteado en horizontes frescos expuestos, el cual se produce al cortar concreciones incipientes.

En las descripciones del suelo el moteado puede describirse más convenientemente por medio de la descripción de las manchas en cuanto a abundancia, tamaño, contraste y color, como por ejemplo ".....franco limoso, castaño con pocas manchas, finas, claras, castaño rojizas y gris oscuras".

En las descripciones verbales del moteado de suelo, preparadas para el lector general, parte del detalle que se necesita en morfología y correlación puede omitirse. Así comenzando con las clases de acuerdo con su abundancia, las descripciones pueden escribirse de la manera siguiente:

1. **Pocas:** ".....franco limoso pardo, ligeramente moteado con rojo y amarillo".

2. **Frecuentes:** "..... franco limoso pardo, moteado con rojo y amarillo.

3. **Muchas:**

(a) Si la matriz aparece claramente: "... franco limoso pardo muy moteado con rojo y amarillo".

(b) Si no existe una matriz clara "... franco limoso moteado de rojo, amarillo y pardo".

Si no se puede indicar el contraste en forma clara por medio de los nombres de los colores, pueden agregarse las palabras "tenuemente" o "prominentemente". El moteado ténue puede indicarse así: "... franco limoso, pardo, moteado con sombras".

Cuando el tamaño de las manchas es importante, se pueden agregar las palabras "finamente" o "groseramente", como "... franco limoso pardo, fina y ligeramente moteado con pardo rojizo". En general, tales descripciones en vez de útiles, más bien confunden al lector lego.

En la descripción del color del suelo, debe tomarse nota especial acerca de cualquier relación entre la disposición del color y la estructura o porosidad del suelo. Los agregados estructurales que se encuentran en el suelo deben romperse para determinar si el color es uniforme a través de ellos. Los colores negro o pardo oscuro de la superficie de los gránulos del suelo a menudo se debe a una cobertura superficial, aunque el color básico del material edáfico sea pardo o amarillo. Cuando se muelen tales gránulos, la masa del suelo resulta ser de un color más claro que el color original de las superficies de los agregados. Es común encontrar un marcado contraste entre el color de los agregados del suelo y el color del mismo suelo cuando se le muele. Películas de color rojo a menudo cubren partículas estructurales o granos de arena; y un color gris puede deberse a una película delgada de suelo lixiviado alrededor de agregados más oscuros.

Efectos de la humedad

El color del suelo cambia con el contenido de humedad; en algunos suelos el cambio es muy marcado, mientras que en otros es comparativamente pequeño. Entre suelos secos y húmedos, éstos últimos son generalmente más oscuros por 1/2 a 3 lugares en pureza, mientras que en intensidad la diferencia puede ser de — 1/2 a + 2 lugares. Muy raramente son diferentes en matiz. Algunas de las diferencias mayores en pureza entre colores de suelos secos y húmedos se presentan en horizontes grises y pardo-grisáceos con un contenido de moderado a bajo de materia orgánica.

Se obtienen medidas cuantitativas reducibles de color a dos niveles de contenido de humedad: (1º) seco al aire y (2º) a capacidad de campo. El último puede obtenerse con suficiente exactitud para medidas de color humedeciendo una muestra y leyendo el color tan

pronto como ha desaparecido la película de humedad. Tanto los colores al húmedo como al seco son muy importantes. En la mayoría de las notas y de las descripciones de suelos, los colores se dan para condiciones húmedas de suelos a menos de que se establezca otra cosa. Las comparaciones de color entre suelos ampliamente separados se facilitan usando la designación del color de superficies recién expuestas de muestras secadas al aire. Las descripciones oficiales para uso técnico, como en las descripciones de series, deben incluir los colores húmedos, y preferiblemente ambos, si es que son significativamente diferentes.

Determinación del color del suelo

Los colores de los suelos se miden más convenientemente, por medio de comparación, con una carta de colores. La más usada generalmente es una modificación de la carta de colores Munsell que incluye únicamente la porción que se necesita para los colores de los suelos, la cual viene a ser una quinta parte de todas las variaciones de color (6). La tabla consiste de unos 175 colores arreglados en forma sistematica de acuerdo con las anotaciones Munsell, y montados en hojas de cartón que se insertan en un libro de notas para hojas sueltas. El arreglo se hace de acuerdo con el matiz, la pureza y la intensidad, que son las tres variables simples que se combinan para dar todos los colores. Se denomina matiz el color del espectro (arco iris) dominante; está relacionado con la longitud de onda de luz dominante. La pureza se refiere a la relativa claridad del color y es una función (la raíz cuadrada aproximadamente) de la cantidad total de luz. La intensidad (algunas veces llamada saturación) es la pureza relativa o la fuerza del color espectral y aumenta conforme disminuye el gris.

En la carta de colores de suelos, todos los colores que se encuentran en una lámina son de un matiz constante, designado por el símbolo que se encuentra a la derecha, en la esquina superior de la lámina. Verticalmente, los colores se hacen sucesivamente más claros por iguales etapas visuales; su pureza aumenta. Horizontalmente, aumentan su intensidad hacia la derecha y se hacen más gris hacia la izquierda. La pureza y la intensidad de cada color en la carta está impreso inmediatamente bajo el color: el primer número es la pureza y el segundo la intensidad. Tal y como están arreglados en la carta, los colores forman tres escalas: (1º) radial, de una lámina a la siguiente, formando la escala en matiz; (2º) vertical, que es la pureza y (3º) horizontal, que es la intensidad.

La nomenclatura que se usa para los colores del suelo consiste de dos sistemas complementarios: (1º) los nombres de los colores y

(6) Se pueden obtener de la Munsell Color Company, Inc., 10 East Franklin Street, Baltimore 2, Md., U.S.A., pedacitos de papel con los colores apropiados, separados o montados por matices en hojas de cartón especiales, de 4 y 1/4 por 7 y 1/4 pulgadas, las cuales se pueden montar en un libro de notas para hojas sueltas.

2º) las anotaciones Munsell para los colores. Ninguna de las dos es por sí sola adecuada para todos los propósitos. Los nombres de los colores se emplean en todas las descripciones para publicar y para uso general. Las anotaciones Munsell se usan para suplementar los nombres en donde se necesita una precisión mayor, como abreviación en las descripciones de campo, para expresión de las relaciones específicas entre colores y para tratamieno estadístico de los datos sobre colores. Las anotaciones Munsell son de especial utilidad para la correlación internacional, dado que no se necesita ninguna traducción de los nombres de los colores. Los nombres para los colores del suelo son términos comunes, así definidos, de modo de obtener uniformidad al mismo tiempo que acuerdo, hasta donde esto sea posible, con el significado atribuído en el pasado a esos términos por los edáfologos. Nunca deben usarse nombres caprichosos como "pardo herrumbroso", "canela", "gris ratón", "amarillo limón" y "chocolate".

Los nombres de los colores del suelo y sus límites, se dan en los diagramas de las figuras 30 a 36.

Las anotaciones Munsell para el color consisten de anotaciones separadas para el matiz, la pureza y la intensidad, combinadas en ese orden para formar la designación del color. El símbolo del matiz está formado por la letra inicial del color (en inglés) del arco iris (R, para rojo, YR para amarillo-rojo o anaranjado, Y para amarillo) precedida por números del 0 al 10. Dentro de la variación de cada letra, el matiz se vuelve más amarillo y menos rojo conforme aumenta el número. La media de la variación de las letras se encuentra en 5; el punto cero coincide con el punto 10 del matiz más rojo que sigue. En esta forma 5YR se encuentra al medio del matiz amarillo-rojo, el cual se extiende desde 10 R (cero YR) hasta YR (ceroY).

Las anotaciones para la pureza consisten en números desde 0 para negro absoluto, hasta 10 para blanco absoluto. De esta manera, un color con valor 5/ está visualmente en el centro entre el blanco y el negro absolutos; uno de valor 6/ es ligeramente menos oscuro, está a 60% del camino del negro al blanco, y a medio camino entre los valores 5/ y 7/.

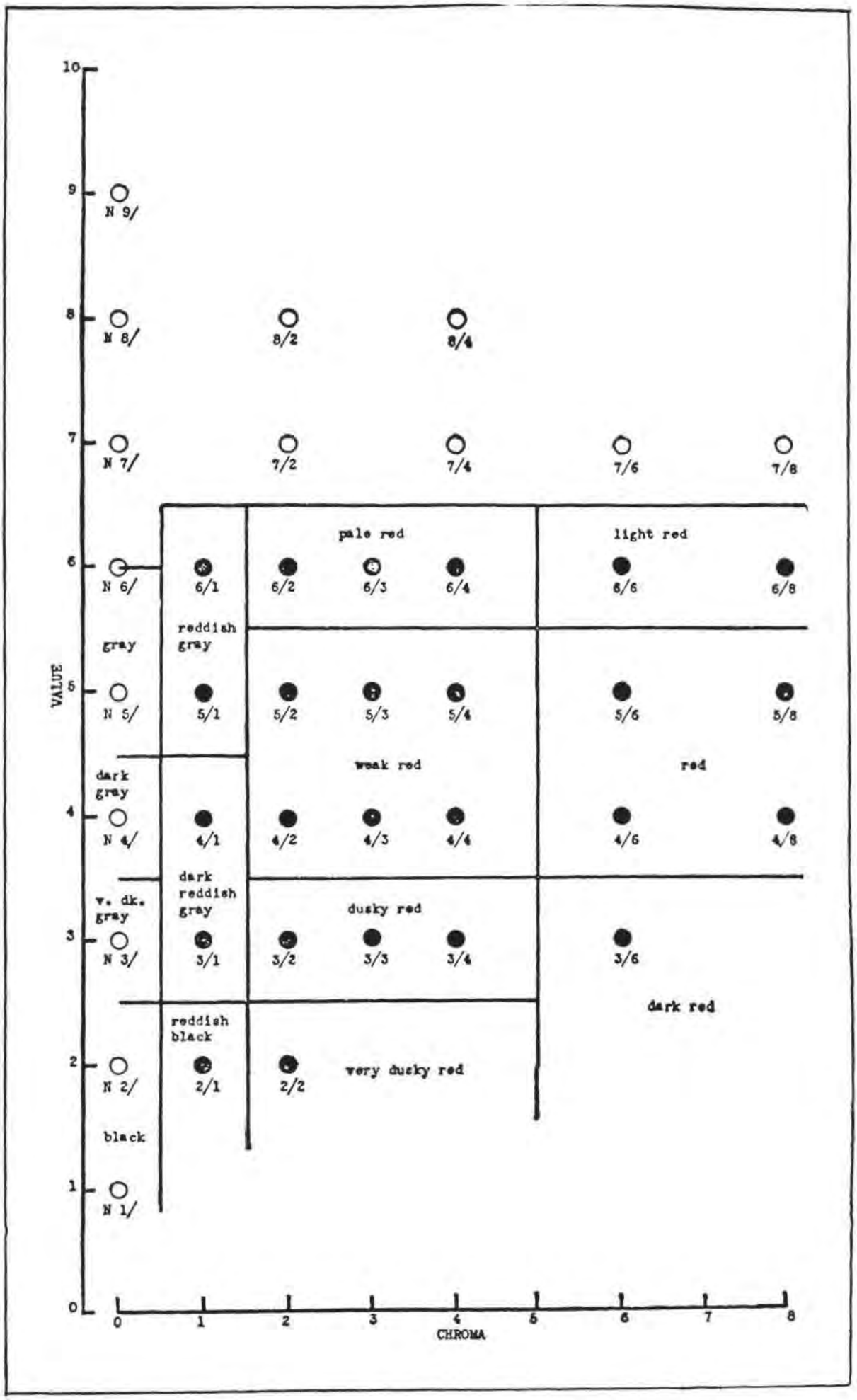


Fig. 30. — **Nombres de colores de suelos para diversas combinaciones de pureza e intensidad, con matiz 10R.**

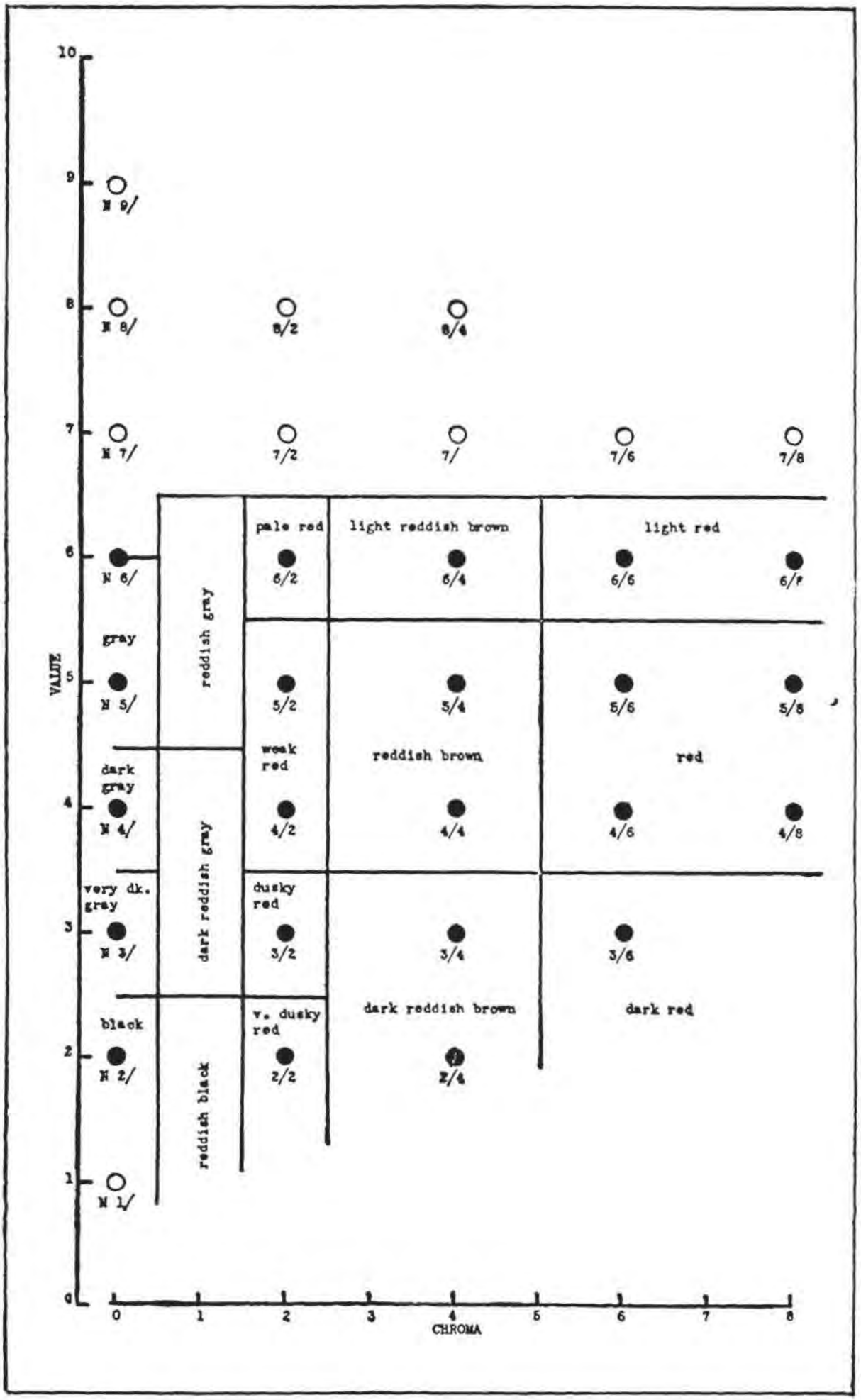


Fig. 31. — **Nombres de colores de suelos para diversas combinaciones de pureza e intensidad, con matiz 2.5YR.**

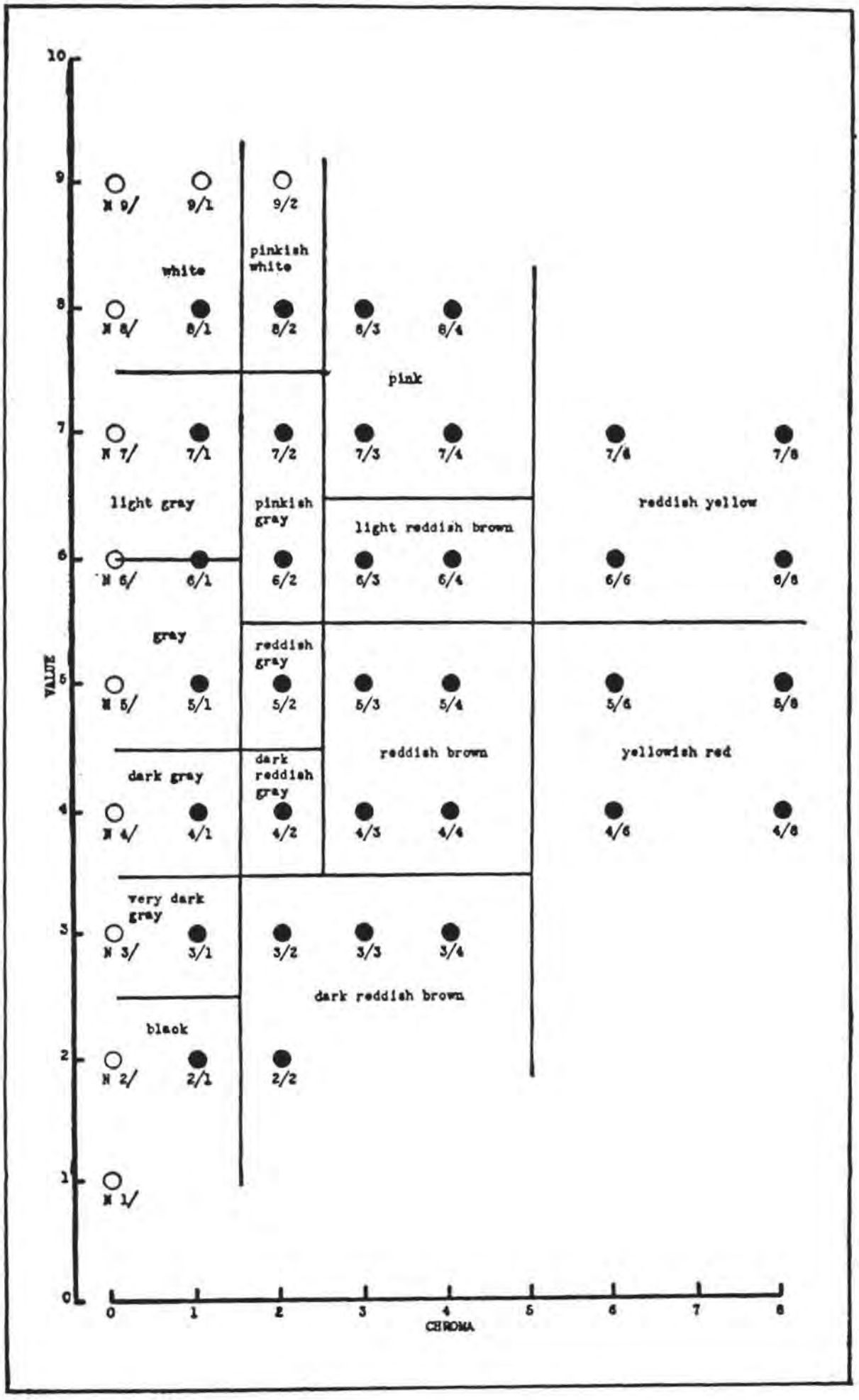


Fig. 32. — **Nombres de colores de suelos para diversas combinaciones de pureza e intensidad, con matiz 5YR.**

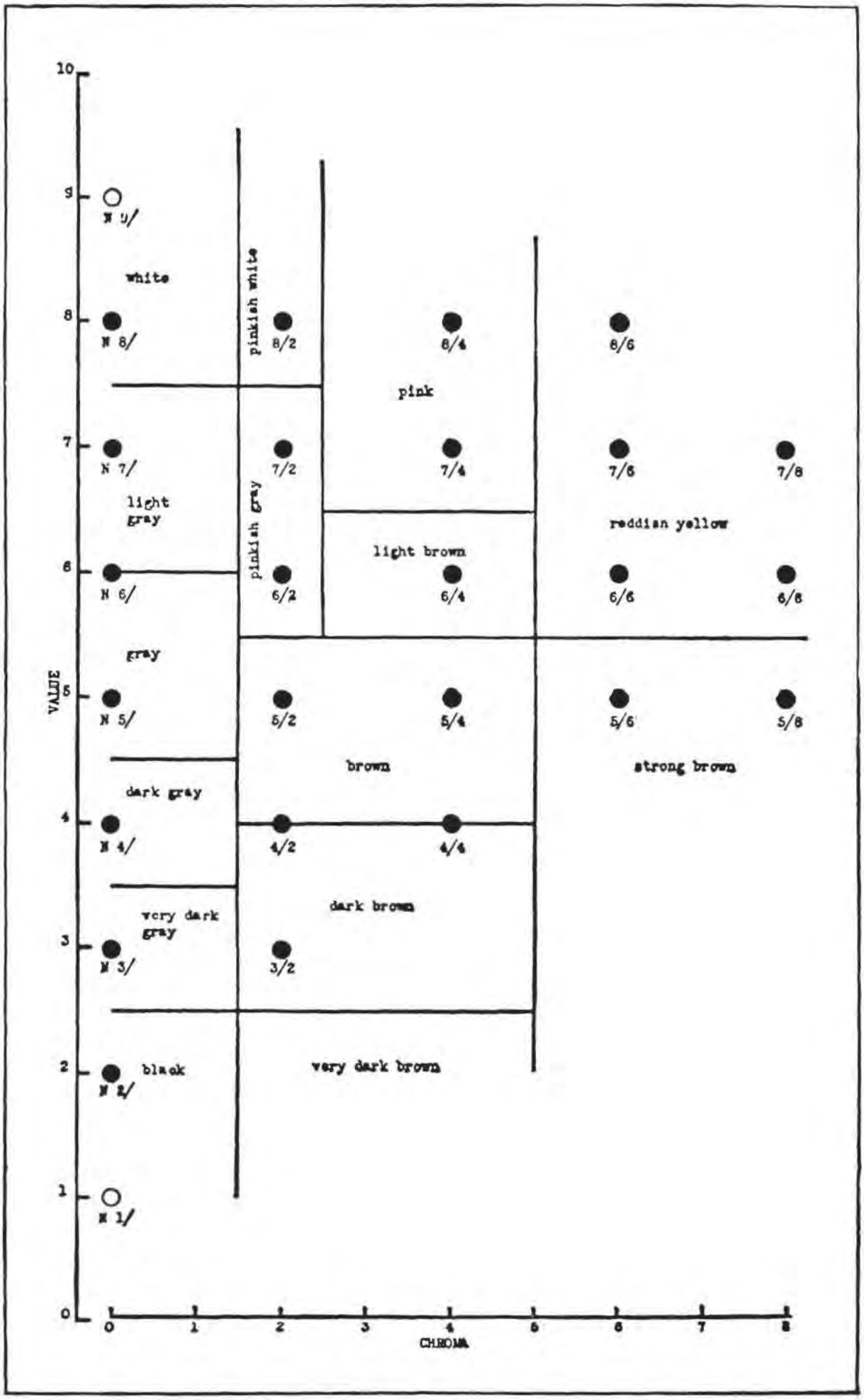


Fig. 33. — **Nombres de colores de suelos para diversas combinaciones de pureza e intensidad, con matiz 7.5YR.**

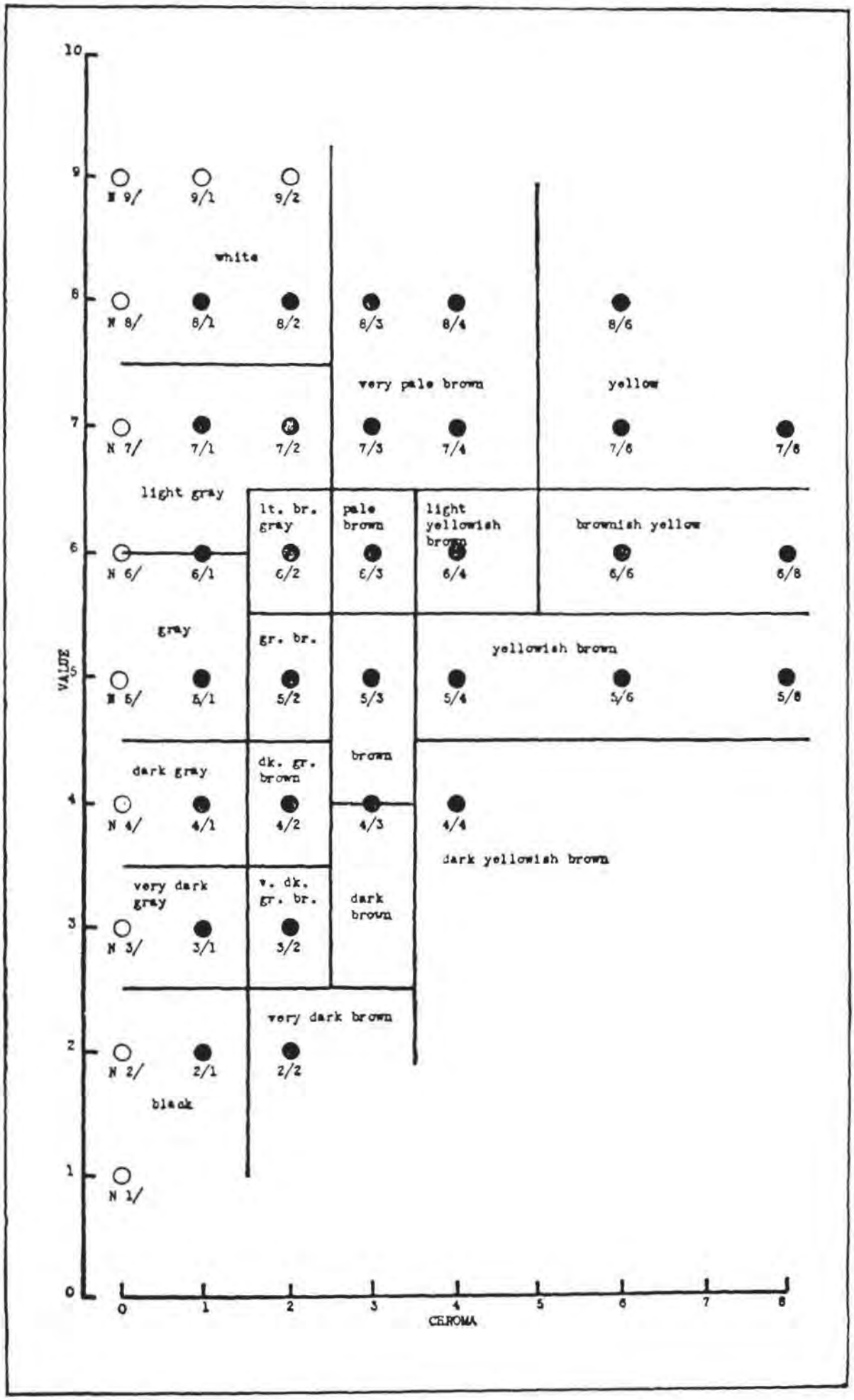


Fig. 34. — **Nombres de colores de suelos para diversas combinaciones de pureza e intensidad, con matiz 10YR.**

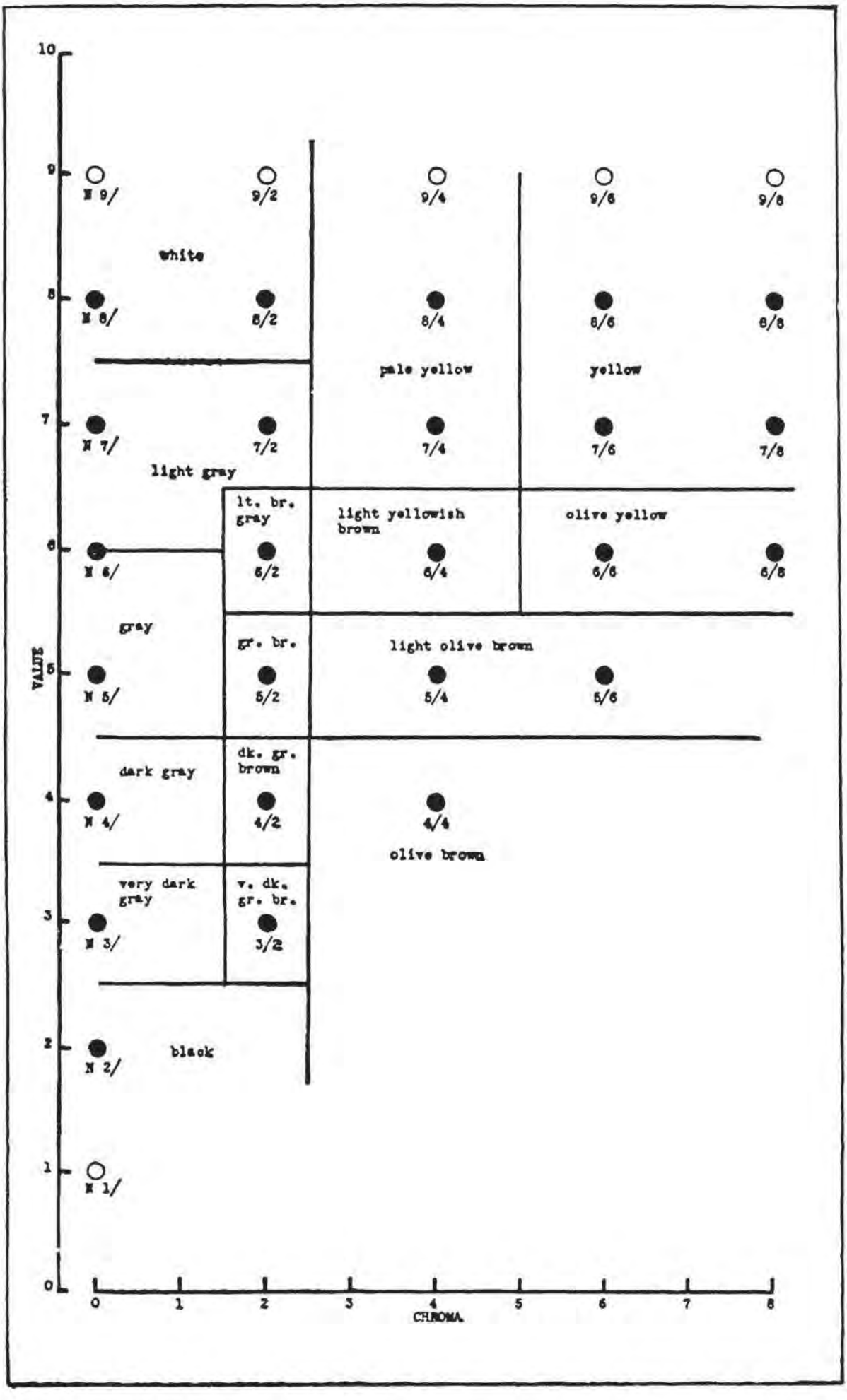


Fig. 35. — **Nombres de colores de suelos para diversas combinaciones de pureza e intensidad, con matiz 2.5Y.**

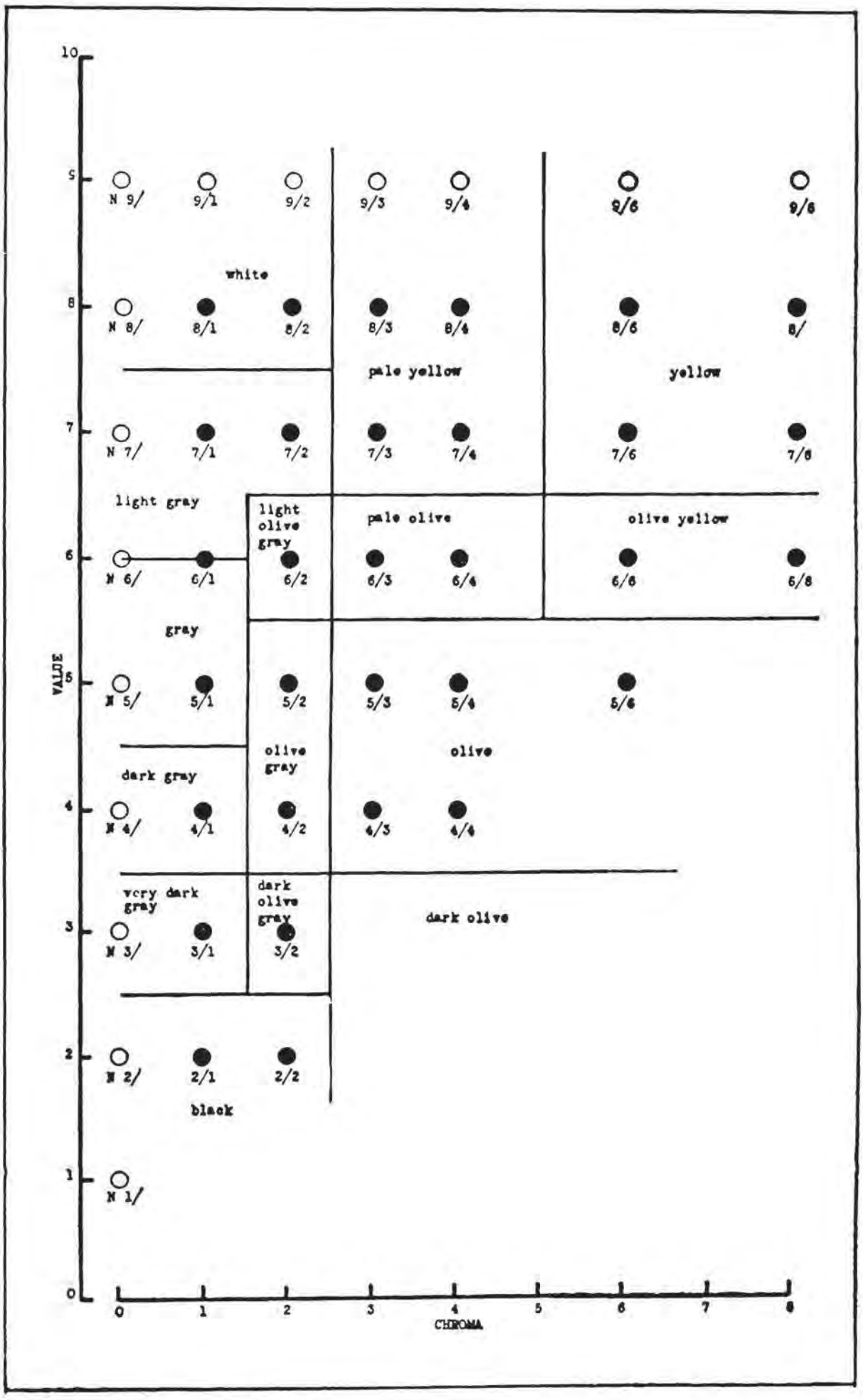


Fig. 36. — **Nombres de colores de suelos para diversas combinaciones de pureza e intensidad, con matiz 5Y.**

Las anotaciones para la intensidad consisten de números que comienzan en 0 para los grises neutrales y aumentan a intervalos iguales hasta un máximo que se acerca al 20, el cual en realidad, nunca se alcanza en los suelos. Para colores acromáticos absolutos (blanco, negro y grises puros), que tienen intensidad cero y no tienen matiz, la letra N (Neutral) toma el lugar de la designación del matiz.

Al escribir las notaciones Munsell, el orden es matiz, pureza e intensidad, con un espacio entre la letra correspondiente al matiz, y el número del valor que le sigue y una rayita inclinada entre los dos números que corresponden a la pureza de la intensidad. Si se desean expresiones que van más allá de los números completos, siempre se usan decimales y nunca fracciones. De esta manera, una anotación para un color con matiz 5YR, pureza 5, intensidad 6, se escribe 5YR 5/6, el cual es un rojo amarillento. La anotación para un color intermedio entre el 5YR 5/6 y el 5YR 6/6 vendría a ser 5YR 5.5/6; para uno intermedio entre 2.5YR 5/6 y 5YR 6/8, sería 3.75YR 5.5/7. La anotación es decimal y por medio de ella se puede expresar cualquier grado de refinamiento que se quiera. Dado que las determinaciones de color no pueden hacerse con precisión en el campo (generalmente no se pueden hacer más cerca de la mitad de un intervalo entre colores de la carta) la expresión del color ordinariamente debe hacerse hasta el color más cercano.

Cuando se usa la carta, las comparaciones más exactas se hacen manteniendo la muestra de suelo sobre los papeles de color con los cuales se está haciendo la comparación. Muy raramente, el color de la muestra coincide perfectamente con uno de los colores de la carta. La probabilidad de que el color de la muestra y uno de la carta coincidan perfectamente es menor de uno a cien. Sin embargo, deben ser evidentes los colores en medio de los cuales cae el color de la muestra, y cual es el que se aproxima más. Las dificultades mayores que se hallan al usar las cartas de color para los suelos, son: 1º) en la selección de la lámina de matiz apropiada, 2º) en la determinación de los colores que son intermedios entre los matices en la carta y 3º) en distinguir entre pureza e intensidad cuando la intensidad es más fuerte. Además, la carta no incluye algunos colores extremadamente oscuros, fuertes (de baja pureza y alta intensidad) que se encuentran ocasionalmente en algunos suelos húmedos. Con experiencia, estos colores que caen fuera de las variaciones que muestran las cartas, pueden estimarse. Además, la sensibilidad de diferentes personas para distinguir diferencias de color es variable, aún entre aquellas que no padecen de daltonismo.

Aunque se deben dar detalles importantes, las designaciones de color muy largas deben evitarse en lo posible, especialmente cuando se trata de colores moteados o jaspeados, en los cuales únicamente se deben establecr los colores dominantes. En forma similar, cuando se dan los nombres de los colores y las anotaciones Munsell, tanto

para el suelo húmedo como seco, declaraciones tales como "pardo rojizo (5YR 4/4; 3/4 húmedo)", las simplifican.

Cuando se intenta llegar a detalles que van más lejos de lo que permiten la exactitud de las observaciones de campo y la selección de las muestras, fácilmente se puede llegar a descripciones más pobres de las que se tendrían por medio de la simple expresión del color dominante. En todas las descripciones deben usarse los términos usados en estas cartas y solamente en ocasiones excepcionales se pueden usar otros términos; cuando esto se hace es debido a que en una localidad se usa una expresión muy común y diferente y en este caso tal expresión se encierra entre paréntesis.

TEXTURA DEL SUELO, FRAGMENTOS GRUESOS, PEDREGOSIDAD Y PRESENCIA DE ROCAS

El término **textura del suelo** se refiere a la proporción **relativa** en que se encuentran en una masa de suelo, varios grupos de granos individuales agrupados por tamaño. Se refiere específicamente **a las** proporciones de arcilla, limo y arena (de menos de 2 mm. de **diá**metro).

La presencia de partículas gruesas de mayor tamaño que las de arena muy gruesa (o sea de más de 2 mm.) y menores de 25 cms. modifica los nombres de las clases texturales como franco **areno gravoso** o franco **guijarroso.**

Las clases generales de partículas aún mayores, piedras o afloramientos rocosos, se definen en términos de la influencia que ellas ejercen en la utilización del suelo, y en términos físicos específicos para las series individuales de suelos. Aunque las distinciones **para** predregosidad o rocosidad dentro del tipo, serie, familia o gran grupo de suelos se hacen por medio de **fases,** estas se indican en los tipos de suelos por medio de adjetivos adicionales agregados al nombre de la clase. De esta manera, el suelo Gloucester franco pedregoso y el Gloucester franco muy pedregoso son dos fases del Gloucester franco, que podrían denominarse en forma más precisa pero más incomoda, Gloucester franco, fase pedregosa y Gloucester **franco,** fase muy pedregosa.

En la actualidad, las distinciones precisas adoptadas entre los grupos de tamaños de partícula, son más o menos arbitrarias. A ellas se ha llegado después de muchísimos intentos para desarrollar clases que puedan usarse en forma consistente y conveniente **para** definir unidades de clasificación y cartografía a las que se pueda dar las interpretaciones más específicas.

La discusión acerca del tamaño de las partículas se presenta por ésto bajo tres títulos principales: 1º) La designación de la clase textural del suelo basada primariamente en la proporción de **arcilla,** limo y arena; 2º) la definición de grupos de fragmentos gruesos que tienen diámetros menores de 25 cm. que puedan ser considerados

como una parte de la masa del suelo y modificar así la clase textural; y 3º) la definición de clases de pedregosidad y rocosidad para piedras de más de 25 cm. de diámetro y para lechos rocosos no considerados como una parte de la masa del suelo.

Clase textural del suelo

La textura de un horizonte de suelo es tal vez, la característica más permanente. La estructra puede ser modificada rápidamente por el cultivo. Es posible y sucede a menudo que la textura de la capa arada de un suelo arable sufra modificaciones, no por cambios en la capa superficial sino por la remoción de horizontes superficiales y por el desarrollo de una nueva superficie a partir de un horizonte natural más bajo, de textura diferente; en otros casos, es la adición de una nueva superficie formada por materiales arenosos acarreados por el viento, o de materiales franco limosos sedimentados de aguas de riego lodosas, la que modifica la capa superficial. Durante períodos de sequía, la erosión eólica puede cambiar la textura del suelo al remover las partículas finas de superficie expuesta, dejando el suelo superficial más rico en arena y fragmentos rocosos de lo que era anteriormente.

Aunque el concepto de textura es aparentemente un concepto básico simple de la ciencia del suelo, su aplicación correcta y práctica no ha sido del todo fácil. La textura es tan básica que términos como arena, arcilla y franco son verdaderamente viejos. Debido a que propiedades tan importantes como la consistencia y la estructura están relacionadas con la textura, los términos fueros usados en los primeros tiempos con alguna referencia tanto a estas cualidades como a la textura. Mientras que su uso estuvo confinado a los suelos de Gran Bretaña y a la parte este de los Estados Unidos, la falta de correspondencia entre las designaciones de campo de las clases texturales de suelo y la distribución real por tamaño de partícula mostrada por el análisis mecánico, no era muy grande. Sin embargo, la estructura y la consistencia dependen de la clase y condición de la arcilla tanto como de la cantidad de arcilla y otros constituyentes así como de la materia viva del suelo. Cuando los edafólogos comenzaron a trabajar con todos los suelos, muchos de los cuales son completamente diferentes de los suelos podzólicos de las regiones boscosas templadas, se hizo claro que la estructura, la consistencia y la textura debían medirse por separado. Además, los métodos antiguos de dispersión eran tan inadecuados que los gránulos finos de arcilla en realidad se reportaban como limo o como arena.

Otras fuentes comunes de confusión y error eran las significaciones agrícolas que se asociaban con los nombres de la clase textural del suelo, tal y como se usaban antiguamente. Se suponía que los suelos arcillosos eran pegajosos y fácilmente convertibles en lodo; que los suelos arenosos eran sueltos, sin estructura y secos. Sin embargo, tales significados no son ciertos para la generalidad

de los casos y deben, por lo tanto, separarse totalmente de los nombres de las clases texturales de los suelos. Entre algunos grupos de suelos, los arcillosos son pegajosos y fácilmente se convierten en lodo, pero entre otros, esto no sucede. Muchos suelos arenosos son sueltos, sin estructura y secos, pero algunos no lo son. Como sucede con cada una de las otras características del suelo, no existe una relación directa que pueda aplicarse en forma general a todos los suelos, entre la clase textural y la fertilidad, productividad u otras cualidades deducidas. Para hacer tales deducciones, debemos conocer también las otras características importantes del suelo. Desafortunadamente, estas correlaciones erradas, están escritas muy claramente en algunos libros de textos y otros libros, que acerca de suelos, han sido publicados para agricultores y granjeros. Dentro de la región que los autores de esos libros consideran actualmente, esto es, la Gran Bretaña y la parte noroeste de los Estados Unidos, tales correlaciones pueden ser aproximadamente correctas para la mayoría de los suelos, pero es el caso que los autores no limitan con claridad la zona o región a que ellos hacen referencia. Cuando se les aplica a las regiones árticas, a los trópicos o al desierto, a menudo pueden estar completamente equivocados, aún para los suelos principales. La estandarización de los nombres de clases texturales en relación con la distribución del tamaño de las partículas únicamente, es totalmente esencial si se van a comparar grupos genéticos ampliamente diferentes.

Fracciones de suelo

Se denominan fracciones de suelo a los grupos de tamaño particulares de partículas minerales. Algunas veces se incluyen los tamaños grandes— fragmentos gruesos— aunque generalmente sólo se denominan fracciones de suelo los grupos de partículas de menos de 2 mm. de diámetro. Debido a las numerosas reacciones físicas y químicas que tienen lugar principalmente sobre la superficie de los granos, la parte fina es la de mayor importancia. Una ilustración acerca de lo anterior lo tenemos en el hecho de que cuatro kilos de partículas de arcilla seca, con diámetro de 0.001 mm., tienen una superficie total de casi una hectárea. La superficie expuesta por unidad de peso disminuye con mucha rapidez conforme aumenta el diámetro de las partículas, pero después de 0.005 mm. de diámetro las diferencias en superficie expuesta, debido al aumento del diámetro es pequeña.

Corrientemente se usan dos esquemas para agrupar las partículas según su tamaño: 1º) El Sistema Internacional propuesto por Atterberg y 2º) el esquema usado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, que hoy día coincide esencialmente con el Sistema Internacional, con la diferencia de que establece más separaciones. Los resultados de los análisis mecánicos de suelos hechos por el Departamento se dan en ambos sistemas, tal y como se puede apreciar en el cuadro 2 y en la figura 37.

CUADRO 2. — LIMITES DE TAMAÑO DE LOS SEPARADOS DEL SUELO SEGUN LOS DOS ESQUEMAS DE ANALISIS

Esquema del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos		*Esquema Internacional*	
Nombre del separado	*Límites del diám. en mm.*	*Fracción*	*Límites del diám. en mm.*
Arena muy gruesa (*) . .	2,0 - 1,0		
Arena gruesa	1,0 - 0,5	I	2,0 - 0,2
Arena media	0,5 - 0,25		
Arena fina	0,25 - 0,10	II	0,2 - 0,02
Arena muy fina	0,10 - 0,05		
Limo	0,05 - 0,002	III	0,02 - 0,002
Arcilla	Menos de 0,002	IV	Menos de 0,002

(*) Antes de 1947 este separado recibía el nombre de grava fina. Ahora esta denominación se utiliza para designar fragmentos gruesos, de 2 mm. a 12 mm.

Nombres de las clases texturales y sus definiciones

Las muestras de suelo casi nunca consisten totalmente de un solo tipo de partícula. Las clases de textura del suelo se basan en combinaciones diferentes de arena, limo y arcilla. Las clases básicas, ordenadas conforme aumentan las proporciones de las partículas finas, son: arena, arena franca, franco arenoso, franco, franco limoso, limo, franco arcillo arenoso, franco arcilloso, franco arcillo limoso, arcillo arenoso, arcillo limoso y arcilla. Los que llevan el término "arena", pueden ser modificados por las palabras muy fino, fina, gruesa o muy gruesa (1).

En los nombres de las clases texturales aparecen en inglés el término "loam", (franco) el cual es una vieja palabra inglesa aplicada antiguamente a suelos desmenuzables ricos en materia orgánica; todavía hoy es usado con ese mismo sentido por algunos. Sin embargo, en la clasificación de suelos se usa únicamente en relación con los nombres de clases teturales (2).

Los nombres de las clases texturales básicas de suelos actualmente usados se definen en términos de **distribución de tamaño** tal y como se determina en el laboratorio del análisis mecánico (3).

(1) Se puede notar que los términos "arcilla", "limo", "arena muy fina", "arena fina" y "arena gruesa" se usan tanto para designar partículas de suelo como para clases específicas de suelos.

(2) Desafortunadamente, nombres confusos como "desert loams", "tropical red loams" y "brown loams" aún persisten como nombres de grupo para suelos que difieren mucho de la textura franca.

(3) Véase, para métodos aceptados, en uso, la obra de KILMER, V. J., y ALEXANDER, L. T., METHODS OF MAKING MECHANICAL ANALYSIS OF SOILS. Soil Sci. 68:15-24. 1949.

Levantamiento N° ..... Campo N° ..... Laboratorio N° .....

Localidad .....

Tipo de suelo ..... Profundidad .....

ANALISIS MECANICO

Clasificación del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos

Diámetro (mm.)	*Nombre convencional*		%
2 - 1	Arena muy gruesa	=	
1 - 0,5	Arena gruesa	=	
0,5 - 0,25	Arena media	=	
0,25 - 0,1	Arena fina	=	
0,1 - 0,05	Arena muy fina	=	
0,05 - 0,002	Limo (1)	=	
Menos de 0,002	Arcilla (1)	=	
TOTAL (calculado en muestra libre de materia orgánica y secada en estufa)		=	

Otras clases

Menos de 0,005 mm.	=	
mayores de 2,0 mm.	=	
Carbón orgánico	=	
pH	=	

(1) **Nota:** Antes del 1° de enero de 1938 se llamaba limo la partícula de 0,05-0,005; de menos de 0,005 recibía el nombre de arcilla y la de menos de 0,002 se denominaba coloide.

GPO 16-27735-3

Clasificación Internacional

Fracción	*Diámetro (mm.)*		%
I	2,0 - 0,2	=	
II	0,2 - 0,02	=	
III	0,02 - 0,002	=	
IV	Menos de 0,002	=	
TOTAL (calculado en muestra libre de materia orgáni- y secada en estufa)		=	

OBSERVACIONES:

Fecha del Informe .....

LABORATORIO DE ANALISIS MECANICO

Fig. 37. — En la División de Levantamiento de Suelos el análisis mecánico de cada muestra de suelo se informa en una tarjeta como ésta.

Las definiciones de estas clases, desarrolladas desde la primera edición de este **Manual,** son el resultado de una larga experiencia y de una investigación especial para establecer los límites entre clases, de tal modo que tengan el mayor uso general en las definiciones e interpretaciones de suelos. La utilización de los resultados de esta investigación ha traído como consecuencia algunas modificaciones casi drásticas de las viejas definiciones de los nombres de clases al aplicárseles los porcentajes correctos de arena, limo y arcilla tal y como se les determina en el laboratorio, así como algunas modificaciones en las definiciones de campo basadas en el tacto. Mientras que anteriormente los datos de análisis mecánico del laboratorio se tenían solo como guías generales en cuanto a los nombres de las clases texturales de los suelos, hoy se las considera como guías absolutas para los suelos de los Estados Unidos continentales. Al mismo tiempo debemos decir que los normales aún no son perfectos. Se pueden esperar mejoras especialmente en las designaciones usadas para la clase textural de los suelos Tundra y Latosoles, en los cuales las arcillas generalmente tienen composición mineralógica diferente de la de los suelos de regiones templadas. Los nombres de las clases texturales deben, sin embargo, definirse totalmente en términos de distribución del tamaño y no deben usarse para expresar diferencias en consistencia o estructura, pues los nombres perderían su significación fundamental.

Las definiciones de las clases básicas se muestran en forma gráfica en la figura 38, en términos de arcilla, menos de 2 mm.; limo de 0.002 a 0.05 mm.; y arena de 0.05 a 2.0 mm. Aunque esta carta significa mucha mejora en relación a otras anteriores, sigue siendo tentativa. Las personas que hacen frecuentes interpretaciones de datos de laboratorio hallarán muy útil una copia aumentada de este triángulo. Las definiciones verbales de las clases texturales de suelos, definidos de acuerdo con la distribución del tamaño de las partículas minerales menores de 2 milímetros de diámetro, son las siguientes:

Arenas.—Material edáfico que contiene 85% o más de arena; el porcentaje de limo, más 1 y 1/2 veces el porcentaje de arcilla no debe exceder el 15%.

Arena gruesa: 25 por ciento o más de arena muy gruesa y de arena gruesa, y menos del 50% de cualquier otro grado de arena.

Arena: 25% o más de arena gruesa o media y menos del 50% de arena fina y muy fina.

Arena fina: 50% o más de arena fina (o menos de 25% de arena muy gruesa, gruesa y media y menos de 50% de arena muy fina.

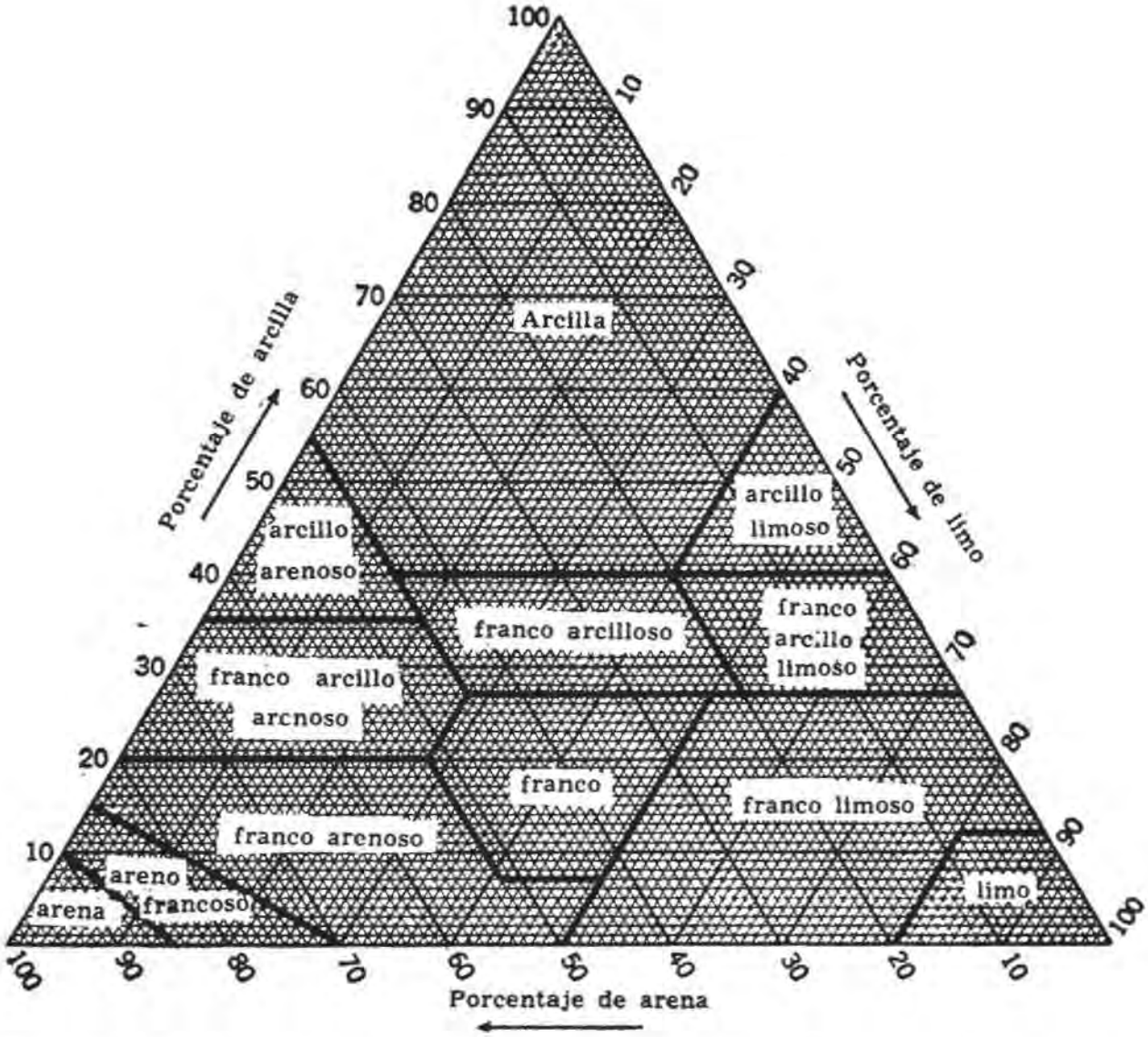


Fig. 38. — **Gráfico que muestra los porcentajes de arcilla (menos de 0,002 mm.), limo (0,002 y 0,05 mm.) y arena (0,05 a 2,0 m.) en las clases texturales básicas de suelos.**

Arena muy fina: 50% o más de arena muy fina.

Arenas francas.—Material edáfico que contiene en el límite superior de 85 a 90% de arena y el porcentaje de limo más 1 1/2 veces el porcentaje de arcilla no es menor de 15; en el límite inferior contiene no menos de 70 a 85% de arena y el porcentaje de limo más el doble del porcentaje de arcilla no excede 30%.

Arena franca gruesa: 25% o más de arena muy gruesa y gruesa, y menos de 50% de cualquier otro grano de arena.

Arena franca: 25% o más de arena muy gruesa, gruesa y media y menos del 50% de arena fina o muy fina.

Arena franca fina: 50% o más de arena fina (o) menos de 25% de muy gruesa, gruesa y media y menos de 50% de arena muy fina.

Arena franca muy fina: 50% o más de arena muy fina.

Franco arenoso.—Materiales edáficos que contienen ya sea: 20% o menos de arcilla y el porcentaje de limo más el doble del porcentaje de arcilla excede 30, más 52% o más de arena; o menos de 7% de arcilla, menos de 50% de limo y entre 43 y 52% de arena.

Franco arenoso grueso:..25% o más de arena muy gruesa o gruesa y menos de 50% de cualquier otro grado de arena.

Franco arenoso: 30% o más de arena muy gruesa, gruesa y media, pero menos de 25% de arena muy gruesa y menos de 30% de arena muy fina y fina.

Franco arenoso fino: 30% o más de arena fina y menos de 30% de arena muy fina (o) entre 15 y 30% de arena muy gruesa, gruesa y media.

Franco arenoso muy fino: 30% o más de arena muy fina (o) más de 40% arena fina y muy fina, siendo por lo menos la mitad de esta arena muy fina y menos del 15% arena muy gruesa, gruesa y media.

Franco.—Material edáfico que contiene de 7 a 27% de arcilla, de 28 a 50% de limo y menos de 52% de arena.

Franco limoso.—Material edáfico que contiene 50% o más de limo y de 12 a 27% de arcilla (o) 50 a 80% de limo y menos de 12% de arcilla.

Limo.—Material edáfico que contiene 80% o más de limo y menos de 12% de arcilla.

Franco arcilloso arenoso.—Material edáfico que contiene de 20 a 35% de arcilla, menos de 28% de limo y 45% o más de arena.

Franco arcilloso.—Material edáfico que contiene de 27 a 40% de arcilla y 20 a 45% de arena.

Franco arcillo limoso.—Material edáfico que contiene de 27 a 40% de arcilla y menos de 20% de arena.

Arcillo arenoso.—Material edáfico que contiene 35% o más de arcilla, y 45% o más de arena.

Arcillo limoso.—Material edáfico que contiene 40% o más de arcilla, y 40% o más de limo.

Arcilla.—Material edáfico que contiene 40% o más de arcilla, menos de 45% de arena y menos de 40% de limo.

Estas definiciones verbales son necesariamente un poco complicadas y tal vez no son del todo adecuadas para texturas que caigan cerca de los límites entre clases. Algunas de las definiciones no no son del todo mutuamente excluyentes ya que la información que se necesita, para que lo fueran, no se tiene aún. Para apartarse de estas definiciones es necesario realizar investigaciones conjuntas muy cuidadosas entre científicos de campo y laboratorio.

Además de estos nombres de clases texturales básicas de suelos, modificados de acuerdo con el grupo de tamaño de la fracción de arena, se usan también otros términos modificadores.

Para los suelos orgánicos, en lugar de los nombres de las clases de textura ya citados, se usan las designaciones siguientes: suelo orgánico bien descompuesto (muck) ; material orgánico no descompuesto (peat) ; suelo orgánico medianamente descompuesto (Pearly muck) y material originario medianamente alterado (muky peat). En definiciones anteriores ya se ha tratado acerca del más alto contenido mineral del suelo orgánico bien descompuesto que del suelo orgánico no descompuesto. Sin embargo, esto no puede cumplir debido a que muchos materiales orgánicos no descompuestos crudos contienen altas cantidades de material mineral que les han sido agregadas por materiales traidos por el viento o sedimentados por las aguas. La palabra "muck" se usa como adjetivo del nombre de la clase textural para horizontes de suelos minerales, especialmente de suelos Gley-húmicos (4) que contienen a grosso modo 15% o más de materia orgánica parcialmente descompuesta. Los horizontes que

---

(4) Nombre tentativamente usado para suelos que ahora se incluyen con los Wiesenboden, y para algunos incluídos en los Semipantanosos.

se designan con los nombres de "franco mucky" o "franco limoso mucky" están integrados entre "muck" y la clase textural del suelo.

Los términos utilizados para fragmentos gruesos, que se esbozan en la sección siguiente, se agregan también como adjetivos al nombre de la clase de suelo y se convierten en parte integral de él. De este modo un "franco arenoso gravoso" tiene un 20% o más de grava en la masa total del suelo. El nombre de la clase textural básica del suelo, sin embargo, se determina por la distribución del tamaño del material de menos de 2 mm. de diámetro; lo anterior significa que los porcentajes para las designaciones de la clase textural estandar del suelo se toman netas, después de excluir los fragmentos gruesos.

Los nombres de fases pedregosas y rocosas, aunque no forman parte de los nombres de clases texturales, se usan para modificar el nombre del tipo de suelo, como por ejemplo, Gloucester franco **muy pedregoso.** En las descripciones de todos los horizontes del suelo, las partículas mayores de 25 cm. se excluyen del nombre de la clase textural. Debemos recordar aquí que las clases de pedregosidad y rocosidad se deben separar de la clase de suelo, ellas tienen un lugar aparte en las descripciones.

Se debe evitar el uso de términos adicionales a lo hasta aquí descritos; no se deben utilizar términos como "húmedo", "ceniciento" o "con escorias" junto con los nombres de clases de suelos o como modificadores de las clases en los nombres de los tipos de suelos.

Determinación de campo de las clases texturales

La determinación de la clase de suelo se hace aún en el campo principalmente por medio organoléptico, algunas veces suplementado por el examen del suelo por medio de lentes de mano. Esto requiere habilidad y experiencia, y el edáfologo puede alcanzar un grado de precisión muy bueno si frecuentemente revisa sus resultados contra los obtenidos en el laboratorio, especialmente para aquellos suelos que dentro de un área varían mucho en estructura, consistencia y contenido de materia orgánica. Los mismos suelos dan sensaciones diferentes, al pasarlos entre los dedos, según estén húmedos o secos. Es frecuente que las partículas de arcilla formen pequeños agregagados los cuales dan la sensación, cuando están secos, de que son limo o arena. Debido a las diferencias en tamaño relativo existen dentro de la misma fracción arcilla, horizontes con contenidos de arcilla similares en cuanto a su total varían en sus propiedades físicas. Las variaciones en la clase de arcilla o en otros constituyentes, pueden dar a un suelo dureza no corriente, lo cual indica un contenido alto de arcilla, o una granulación poco común lo cual puede tomarse como indicador de un bajo contenido de arcilla. Para obtener una designación apropiada de la clase textural por medio del

tacto, es necesario humedecer bien el suelo y pasarlo vigorosamente entre los dedos.

Por muchos años la determinación de campo de la clase textural del suelo tenía precedencia en relación a los resultados del análisis mecánico, el cual servía únicamente como guía general. Hace unos 25 años el Profesor C. F. Shaw (5) estableció las siguientes definiciones para las clases texturales básicas de suelos, en términos del tacto y de la experiencia de campo:

Arena: La arena es suelta y de grano único. Los granos individuales pueden sentirse y verse fácilmente. Si se aprieta en la mano cuando está seca, los granos se separan al quitarles la presión. Si se aprieta cuando está húmeda se amolda pero al tocarla se desmorona.

Franco arenoso: Suelo franco arenoso es uno que contiene mucha arena pero con suficiente limo y arcilla para conferirle un poco de cohesión. Los granos individuales de arena pueden sentirse o verse con facilidad. Cuando se le aprieta en seco se amolda pero fácilmente se desmorona, pero si se le aprieta bajo condiciones húmedas formará una moldura que resiste un manipuleo cuidadoso sin romperse.

Franco: Suelo franco es un suelo que tiene una mezcla relativamente pareja de grados diferentes de arena, de limo y de arcilla. Es suave, con una sensación al tacto algo arenosa, pero bastante pareja y ligeramente plástico. Si se le aprieta cuando seco, formará una moldura que resiste un manipuleo cuidadoso; la moldura formada al apretar el suelo húmedo puede manejarse con bastante libertad sin que se quiebre.

Franco limoso: Un suelo franco limoso es aquel que tiene una cantidad moderada de grados finos de arena y solamente una pequeña cantidad de arcilla, de la cual más de la mitad de las partículas son del tamaño llamado "limo". Cuando está seco puede parecer terrenoso, pero los terrones pueden romperse con facilidad y cuando se le pulveriza da una sensación al tacto suave y harinosa. Cuando está húmedo fácilmente se cementa; ya sea seco o húmedo formará molduras que pueden manejarse libremente sin quebrarse, pero cuando se le humedece y se pasa con presión entre el índice y el pulgar, no forma "cintas" largas sino que estas se quiebran con relativa facilidad.

Franco arcilloso: Un suelo franco arcilloso es un suelo de textura fina, el cual usualmente forma terrones que son duros cuando secos. Cuando el suelo húmedo se pasa con presión entre los dedos

(5) SHAW, C. F., A DEFINITION OF TERMS USED IN SOIL LITERATURE. 1st. Internatl. Cong. Soil Sci. Proc and Papers 5:38-64. Washington, 1928.

índice y pulgar, forma una "cinta" delgada que se quiebra fácilmente, y que sostiene con dificultad su propio peso. El suelo cuando húmedo es plástico y forma al apretarlo con las manos, una moldura que resiste bastante manipuleo, cuando se le amasa en la mano no se desmorona fácilmente sino que tiende a formar una masa compacta.

Arcilla: La arcilla es un suelo de textura fina el cual usualmente forma terrones muy duros cuando seca y es completamente plástica y usualmente pegajosa cuando está húmeda. Si se pasa con presión entre los dedos pulgar e índice cuando está húmeda, formará una "cinta" larga y flexible. Algunas arcillas finas de alto contenido coloidal son friables y no tienen condiciones plásticas bajo ningún grado de humedad.

Estas definiciones son únicamente sugestivas y no pueden hacerse ninguna otra en estos términos u otros similares que pueda aplicarse en forma adecuada a todos los suelos. Las variaciones en la clase de mineral arcilloso y en la proporción en que se encuentran en la arcilla los diferentes cationes intercambiables son demasiado grandes entre los grandes grupos de suelos. Es por esto que estas clases de definiciones están limitadas a grupos de suelos similares.

Las únicas definiciones en las cuales se puede confiar, las estándar, son las desarrolladas por medio de análisis mecánico. Todo edafólogo debe formarse la habilidad de determinar la clase de suelo por medio del tacto, dentro de cada grupo genético de suelo y de acuerdo con los estandars establecidos a partir del análisis mecánico. En el curso de la realización de levantamiento de suelos, deben enviarse al laboratorio muestras de los horizontes cuya textura sea dudosa, en donde se les debe dar prioridad, de modo que el envío de los resultados al campo pueda ser hecho tan pronto como sea posible y puedan así servir de guía. Los edafólogos deben recordar que en los diferentes grandes grupos de suelos hay horizontes que tienen la misma clase textural, a pesar de lo cual pueden dar una sensación al tacto diferente. Los técnicos deben ajustar su criterio de campo, pero no los estandars de clasificación por tamaño.

Agrupación general de las clases texturales

La necesidad de pequeñas distinciones en la textura de los horizontes del suelo ha traído como resultado un gran número de clases texturales. A menudo resulta conveniente hablar en términos generales acerca de un grupo amplio de clases texturales. Aunque los términos "pesado" y "liviano" han sido usados por muchos años, ellos son confusos ya que se originaron de la potencia requerida para arar y no por el peso del suelo. De acuerdo con el uso local de algunos lugares, los "suelos livianos" son los que tienen una productividad baja, incluyendo especialmente los de textura arcillosa.

A continuación se incluye un esbozo de términos generales aceptables, divididos en tres y en cinco clases, relacionadas con los nombres de las clases texturales básicas.

Términos generales:		*Nombres de las clases texturales básicas del suelo*
Suelos arenosos	Suelos de textura gruesa .	Arenas Arenas francas
Suelos francos	Suelos de textura moderadamente gruesa	Franco arenoso Franco arenoso fino
	Suelos de textura media .	Franco arenoso muy fino Franco Franco limoso Limo
	Suelos de textura moderadamente fina	Franco arcilloso Franco arcilloso arenoso Franco arcilloso limoso
Suelos arcillosos	Suelos de textura fina . .	Arcillo-arenoso Arcillo-limoso Arcilla

Fragmentos gruesos

Las propociones significativas de fragmentos más gruesos que la arena muy gruesa y menores de 25 cm. si son redondeados o de 38 cm. a lo largo del eje mayor cuando aplastados, se expresan en el nombre de la clase textural del suelo por medio de adjetivos apropiados. Tales fragmentos se consideran parte de la masa del suelo, pues influencian la infiltración, el almacenamiento de humedad y el escurrimiento superficial, así como el crecimiento radicular, especialmente por medio de la dilución de la masa activa de suelo. Protejen las partículas finas del lavado y de la erosión eólica y son movidos junto con la masa de suelo durante las operaciones de cultivo.

Tanto geólogos como edafólogos han propuesto muchos nombres y definiciones para estos fragmentos. Se pueden establecer fácilmente distinciones muy pequeñas (las cuales no siempre se pueden cartografiar fácilmente) ya que estos fragmentos se pueden ver con facilidad; sin embargo el establecimiento de distinciones más refinadas de las que se mencionan en la tabla 3 no tienen significación verdadera, o si la tienen es muy pequeña, en cuanto al génesis y comportamiento del suelo. Otras variables, tales como la mineralogía de las arcillas o la naturaleza de la materia orgánica son de mayor importancia. Los edafólogos no deben sucumbir a la tentación de hacer distinciones más finas entre los fragmentos gruesos, de las

que son realmente de significación y solamente por el hecho de que las pueden ver con facilidad en el campo.

Los adjetivos que se han aceptado para incluirlos en los nombres de las clases texturales de los suelos y los límites de tamaño de las clases de fragmentos gruesos, se establecen en forma simplificada en la tabla 3. Esta tabla incluye el detalle máximo que probablemente se requiere para levantamientos de suelos básicos detallados. Cuando se presentan situaciones en las cuales no se sirva ningún propósito manteniendo unidades cartográficas separadas para indicar clases separadas, estas se agrupan y se dan entonces al tipo o fase de suelo un nombre que indique la situación con claridad. De esta manera, un franco guijarroso o una fase pedregosa puede incluir otros fragmentos que se han colocado en la lista de las dos columnas de la derecha. En esta sección únicamente tratamos de los fragmentos menores que piedras.

CUADRO 3. — **DENOMINACIONES USADAS EN SUELOS PARA FRAGMENTOS GRUESOS** (1)

Forma y clase	Tamaño y denominación		
	Hasta 8 cm. de diámetro	**De 8 a 25 cm. de diámetro**	**Más de 25 cm. de diámetro**
Fragmentos redondeados y semirredondeados (todas las clases de rocas) . . .	Gravoso	Guijarroso	Pedregoso o pedrejonoso (2)
Fragmentos angulares de forma irregular:			
Pedernal	Pedernalino	Pedernalino grueso	Pedregoso
Otras rocas	(Angular) gravoso	Guijarroso angular (3)	Idem
	Hasta 15 cm. de largo	**15 a 38 cm. de largo**	**Más de 38 cm.**
Fragmentos delgados, aplanados:			
Esquistos, calizas y areniscas delgados y aplanados	"Channery"	Bandeado	Pedregoso
Pizarra	Pizarroso	Idem	Idem
Lutita	Lutítico	Idem	Idem

(1) Las clases individuales no siempre constituyen características diferenciadoras entre unidades cartográficas.

(2) Se usa algunas veces la denominación pedrejonoso cuando las piedras tienen un diámetro mayor de 60 cm.

(3) Antiguamente se denominaba "pedregoso".

Los adjetivos colocados en las dos primeras columnas de la tabla 3 se incorporan a las designaciones de clase textural de los horizontes cuando la masa del suelo contiene proporciones significativas de fragmentos, del 15 al 20 por ciento del volumen y dependiendo de las otras características edáficas. Estos nombres de clases se convierten en parte de los nombres de tipos de suelo. Cuando los fragmentos gruesos de los primeros 20 cm. superficiales constituyen hasta el 90% del volumen de la masa del suelo, el terreno es clasificado en el tipo misceláneo de tierra correspondiente (6). Cuando es necesario hacer distinciones de significado más claro, se puede hacer otra subdivisión en las cercanías del 50 por ciento de los fragmentos gruesos, con lo cual se tendría por ejemplo, franco gravoso (con 20 a 50% de grava) y franco muy gravoso (con 50 a 90% de grava). De una manera similar se pueden manejar los otros fragmentos.

A continuación se definen los términos que se recomiendan aplicar cuando el suelo contiene sobre 15 ó 20 por ciento y menos de 90% de fragmentos gruesos menores que piedras:

"Channery": Suelo que contiene fragmentos delgados y aplanados de arenisca, caliza, esquisto, con una longitud del eje mayor de hasta 15 cm. A una sola pieza se la denomina **fragmento.**

Pedernalino: Suelo que tiene fragmentos angulares menores de 8 cm. de diámetro, de los cuales más del 75% están constituidos por "chert" **pedernalino-gruesos** son aquellos que tienen fragmentos de 8 a 25 cm. de diámetro (fig. 39). A menos que la distinción de tamaño sea significativa en cuanto a la capacidad de uso de la tierra, el suelo **pedernalino** incluye todas las condiciones hasta la máxima 25 cm. de los fragmentos. La mayoría de los suelos **pedernalinos** se han desarrollado a partir de caliza pedernalina. Una pieza aislada recibe la denominación de **fragmento pedernalino.**

---

(6) Antiguamente algunos de los suelos que tenían una proporción alta de grava o guijarros en los 20 cm. superficiales recibían el nombre textural de "grava", como por ejemplo en la "grava Rodman". Hoy se recomienda utilizar para tales suelos la clasificación de franco gravoso, franco arenoso gravoso o arena gravosa, si tienen menos de 90 por ciento de guijarros, o con el nombre del tipo de tierra miscelánea correspondiente cuando tienen más.

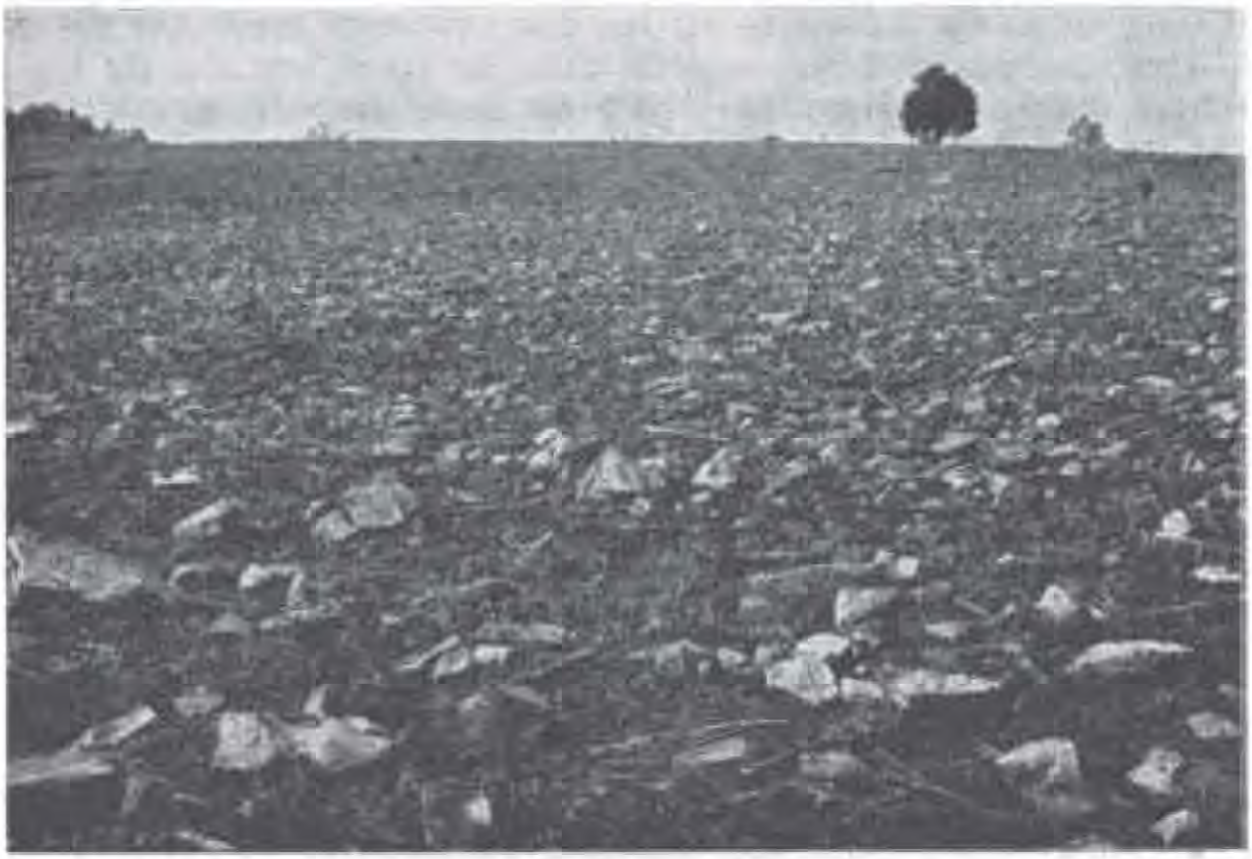


Fig. 39. — **Suelo Fullerton franco arenoso fino pedernalino grueso en el Condado Jefferson, Tennessee.**

Guijarroso: Suelo que tiene fragmentos parcial o totalmente redondeados, cuyo diámetro oscila entre 8 y 25 cm. El **Guijarroso angular,** el cual antiguamente era incluído como pedregoso, es similar al guijarroso con excepción de que los fragmentos no son redondeados. Las piezas aisladas reciben el nombre de **piedras pequeñas** o **guijarros.**

Lajoso: Suelo que continene fragmentos relativamente delgados de 15 a 38 cm. de largo, constituídos por areniscas, pizarras y algunas veces de esquistos. Las piezas aisladas reciben el nombre de "lajas".

Gravoso: Suelo que tiene fragmentos redondeados o angulares, pero no aplastados, con diámetros mayores a 8 cm. Si el 75% o más de los fragmentos están constituídos por cuarzo, estos se denominan **pedernalinos.** En las descripciones los suelos que tienen guijarros en su mayoría de más de 5 cm. de diámetro, pueden ser denominados suelos gravosos gruesos, mientras que aquellos cuyos guijarros no tienen más de 1,5 cm. pueden ser llamados suelos **gravosos finos.** Las piezas individuales reciben el nombre de guijarros. El término "gravoso" se utiliza en referncia a una masa de guijas.

Lutítico: Suelo que tiene fragmentos de lutita, aplanados, con un largo de su eje mayor de no más de 15 cm. Una sola pieza recibe la denominación de **fragmento lutita.**

Pizarroso: Suelo que contiene fragmentos de pizarra de un largo menor de 15 cm. a lo largo de su eje mayor. Las piezas aisladas se denominan **fragmentos de pizarra.**

Pedregoso: Suelo que contiene fragmentos rocosos mayores de 25 cm. de diámetro si son redondeados y más largos de 38 cm. en el eje mayor si son aplanados. En la siguiente sección se esbozan las clases.

Pederegosidad y rocosidad

Las piedras mayores de 25 cm. de diámetro y los afloramientos rocosos no son considerados como parte de la masa del suelo tal como se definió en las clases texturales. A pesar de esto, tienen una importante influencia en la utilización del suelo debido a su interferencia con el uso de maquinaria agrícola y en la reducción de la masa del suelo que ellos representan. En realidad, tanto la pedregosidad como la rocosidad o ambas constituyen en muchos lugares el criterio diferenciador entre las clases de suelo arable y los suelos no arables. Un ejemplo lo constituye los suelos derivados de till glacial, especialmente en donde el till es delgado. Esos suelos tienen características que los hacen responder en alto grado al manejo, excepción hecha de la pedregosidad. Los edafólogos algunas veces han descuidado este factor debido tal vez al difícil problema de tratarlo en el campo mismo. Muchos levantamientos de suelos publicados, desde los demás puntos de vista muy útiles, han fallado en sus objetivos debido al fracaso de establecer clases de pedregosidad significativas. A pesar de que se dió mucha antención al color, textura, material originario, pendiente, erosión, profundidad y demás características, la pedregosidad fué valorada en forma tan descuidada, que los mapas no pueden ser utilizados para distinguir entre la tierra de laboreo potencial, la tierra de pasto y la forestal, en orden de intensidad de uso descendente.

Las indicaciones que siguen diferencian entre piedras sueltas y piedras fijas y suministran clases dentro de cada una de ellas para llenar los requisitos de los levantamientos de suelos detallados. Se reconoce que las indicaciones están especialmente dirigidas al manejo de situaciones complejas —en donde existen tanto piedras fijas como sueltas que influencian en forma diferente la capacidad de uso de la tierra y en donde los suelos son buenos para uso intensivo excepto por la pedregosidad. En términos generales se puede decir que las piedras sueltas se encuentran distribuidas en toda la superficie mientras que los bordes rocosos se encuentran más concentrados en fajas con el suelo relativamente limpio de piedras entre una y otra. Estos casos se presentan más comúnmente en regiones glaciadas en Nueva Inglaterra y en algunas partes de los Estados Lacustres norteños.

Fuera de las regiones glaciadas, las piedras sueltas son menos abundantes, lo cual no significa que sean raras. En algunas regiones de los Estados Unidos, se han denominado por muchos años suelos pedregosos aquellos que tienen piedras fijas (definidos aquí como suelos rocosos), algunos fragmentos sueltos con diámetros de 8 a 25 cm., así como algunas piedras. Cuando no se sirve un propósito útil por medio de divisiones adicionales de tipos y fases, no deben establecerse tales divisiones y por lo tanto las clases propuestas para pedregosidad y rocosidad pueden agruparse dentro de la definición de cualquier unidad cartográfica.

Pedregosidad

La pedregosidad se refiere a la proporción relativa de piedras de más de 25 cm. de diámetro que se encuentran en o sobre el suelo. El significado que tienen el número o cantidad de piedras sobre un suelo depende de sus otras características edáficas. Si un suelo no es apropiado de ninguna manera para ser utilizado con cultivos de escarda, la presencia de una cantidad de piedras, capaz de interferir con las labores de cultivo no es significativa y por lo tanto no debe usarse como base para separar fases. Si un suelo responde muy bien, digamos por ejemplo, bajo cultivo de pasto mejorado, es posible que las diferencias aún entre los grados de alta pedregosidad sean significativas y por lo tanto pueden ser motivo para separar unidades cartográficas, como por ejemplo, una fase muy pedregosa de un tipo de suelo puede ser separada del tipo de tierra misceláneas denominado Tierra pedregosa.

Los límites de las clases de pedregosidad se definen en términos absolutos amplios y más específicamente en término del uso del suelo siempre que las otras características sean favorables para cultivos o para pastos mejorados. Un clasificador de suelos competente evita hacer distinciones pequeñas en pedregosidad, en forma tan clara, cuando éllas no son significativas, como cuando si lo son. Lo anterior significa que en una leyenda descriptiva de los suelos y en el informe del levantamiento, las fases de pedregosidad deben definirse dentro de las series y tipos de suelos. Las clases de pedregosidad se usan en las definiciones de todas las unidades de clasificación de suelos y pueden convertirse en criterio para la separación de series o el criterio único para la distinción entre fases dentro de las series o tipos de suelos.

Las clases de pedregosidad se reseñan en la forma siguiente:

Clase 0: Sin piedras o con muy pocas que no interfieren en forma alguna con el cultivo. Las piedras cubren menos del 0,01 por ciento del área.

Clase 1: Piedras suficientes para interferir pero no para imposibilitar las labores requeridas por los cultivos a escarda. (Si las

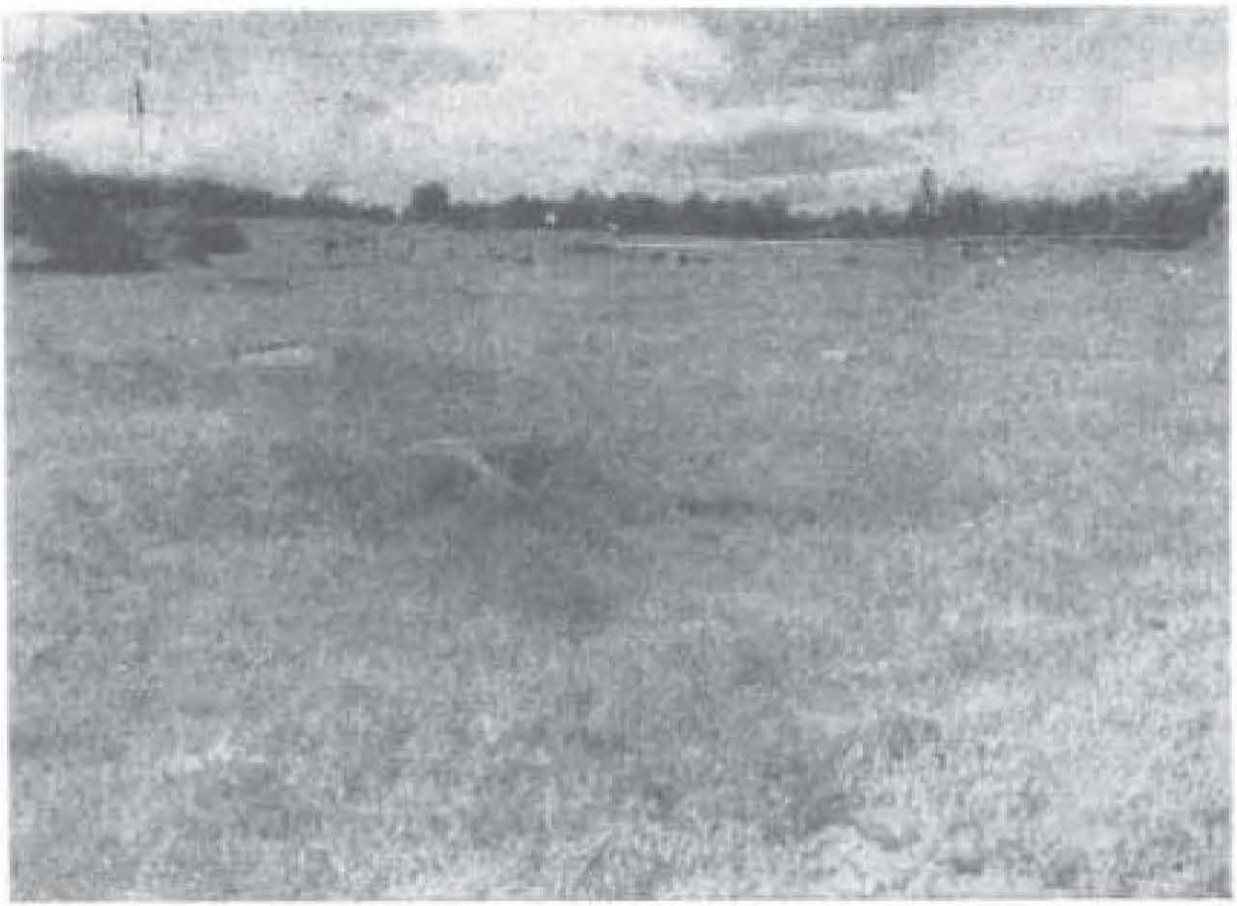


Fig. 40. — En esta fotografía se puede apreciar un área de suelo q uetiene pedregosidad Clase 1, eercana al margen con Clase 2.

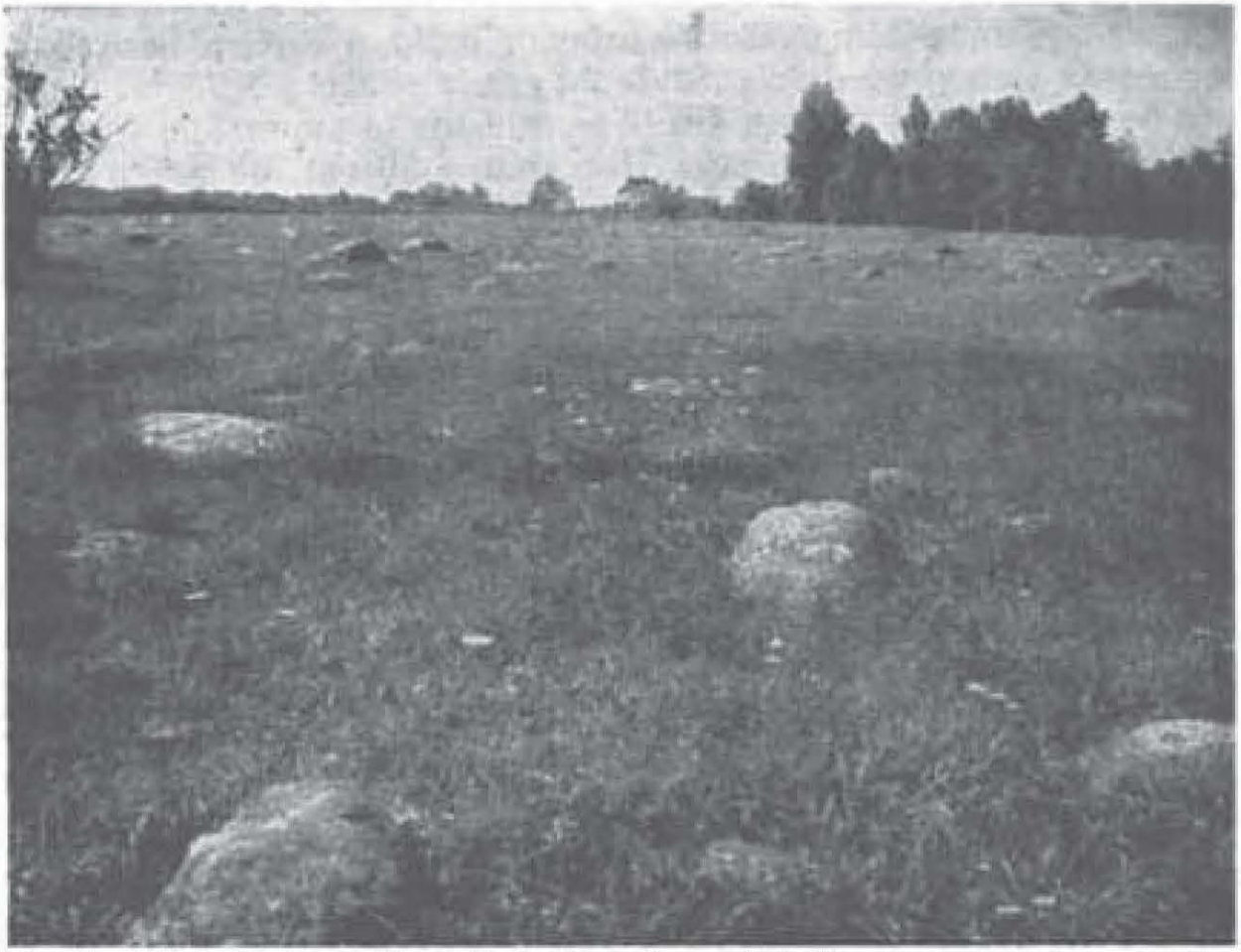


Fig. 41. — En esta fotografía se ilustra la pedregosidad Clase 2 en un suelo productivo. En otros suelos, ésta podria ser Clase 3.

piedras tienen un diámetro de 30 cm. y están de 10 a 30 m. una de otra, éllas ocupan una superficie entre 0,01 y 0,1 por ciento del área y en una Ha. a 30 cm. de profundidad se encontrarían 0,22 a 2,25 metros cúbicos de piedra. (Véase la figura 40).

Clase 2: Piedras suficientes para imposibilitar las labores requeridas por los cultivos a escarda, pero el suelo puede prepararse para la siembra de forrajes para heno o de pastos mejorados, siempre que las otras características sean favorables. (Si las piedras tienen 30 cm. de diámetro y están una de otra entre 1,5 m. y 10 m. ocupan una superficie entre 0,1 y 3% y hay en cada hectárea a 30 cm. de profundidad, un volumen de 2,25 a 76 mts. cúbicos). (Véase la figura 41).

Clase 3: Suficientes piedras para impedir todo uso de maquinaria, excepción hecha de maquinaria muy liviana o herramientas de mano ahí en donde otras características del suelo son especialmente favorables para la siembra de pastos mejorados. Los suelos con esta clase de pedregosidad pueden utilizarse con pasto natural o con bosques, lo cual viene a depender de sus otras características. (Si las piedras tienen un diámetro de 30 cm. y se encuentran distanciadas de 0,75 m. a 1,5 m. éstas ocupan una extensión del 3 al 15% de la superficie y existe un volumen por Ha. a 30 cm. de profundidad de 76 a 366 metros cúbicos.

Clase 4: Piedras en cantidad suficiente para hacer todo uso de maquinaria totalmente imposible; la tierra puede tener algún valor para ser utilizada con pasto de inferior calidad o para bosques. (Si las piedras tienen un diámetro de 30 cm. y están a 0,75 m. o menos unas de otras, éstas ocupan del 15 al 90% de la superficie y hay más de 366 metros cúbicos en cada Hectárea a 30 cm. de profundidad).

Clase 5: La superficie se encuentra prácticamente pavimentada con piedras las cuales ocupan más del 90% de la superficie expuesta. (Ripio).

Debe hacerse hincapié en que estas clases son de aplicación general en las descripciones de suelos, y pueden usarse o no para distinguir fases. En otras palabras, una unidad cartográfica puede ser definida con relación a más de una clase de pedregosidad. Algunos suelos individuales pueden definirse en términos de las clases de pedregosidad. La pedregosidad no constituye parte de la clase textural del suelo. Los términos "pedregoso", "muy pedregoso" o "excesivamente pedregoso" puede modificar el nombre de la clase textural de los tipos de suelo, lo cual constituye simplemente una manera breve de designar las fases pedregosas (7). Las descripciones de las series de suelos deben incluir la variación de pedregosidad en términos de clases 0, 1, 2 y 3.

La diferenciación entre las clases 0 y 1 constituye corrientemente la base de las fases pedregosas de los tipos de suelo y entre las clases 1 y 2 para la diferenciación entre fases muy pedregosas. Las di-

(7) Véase la sección que trata de las Unidades de Clasificación y cartográficas.

ferenciaciones entre las series de suelos y el tipo misceláno de tierra, llamado Tierra pedregosa, generalmente cae entre las clases 2 y 3, pero puede caer entre clases 3 y 4 si en los demás aspectos el suelo responde en forma poco corriente a las prácticas de manejo para pastos mejorados o para bosques.

Si existen diferencias en uso potencial para pastos naturales o para bosques relacionados con el material parental entre clases de suelo que tiene pedregosidad 3, la clase 3 de pedregosidad puede denominarse Tierra pedregosa, material de... (luego vendría el nombre de la serie).

Si la diferenciación entre la clase 3 y la clase 4 de pedregosidad no tiene significado, todo el terreno de ambas clases debe incluirse como una unidad, Tierra pedregosa. Pero cuando la tierra con pedregosidad clase 3 se separa de la clase 4, ya sea como una fase muy pedregosa o como Tierra pedregosa, material de... (aquí el nombre de la serie), o si existe una verdadera e importante diferencia en cuanto a pastoreo o manejo del bosque, la clase 4 debe llamarse Tierra muy pedregosa.

La tierra que tiene pedregosidad clase 5 recibe siempre la denominación de Tierra de ripio, la cual a su vez puede ser parte de unidad cartográfica compleja.

En la Tabla 4 se establecen algunas relaciones idealizadas entre el espaciamiento entre piedras, el área cubierta por ellas y los metros cúbicos por hectárea que se encuentran en los 30 cm. superficiales. Estos valores variarán desde luego con lo disparejo en el espaciamiento y con las diferencias en el tamaño de las piedras.

En la tabla 5 se establece la relación existente entre clases de pedregosidad y rocosidad, tanto entre ellas como con otras unidades de clasificación.

Cuando hayan áreas muy pequeñas dentro de las unidades cartográficas para ser separadas, éstas se muestran en el mapa por medio de símbolos separados para cada fase pedregosa (véase la página 391 et seq.) con cada uno de los símbolos definido en término del área que representa (lámina 6).

Cuando se presenten áreas de una fase pedregosa cuya extensión es suficiente para separarlas por medio de lindero pero que son muy pequeñas en cuanto a área total para incluirlas en la leyenda, se muestran en el mapa publicado por medio de símbolos.

CUADRO 4. — DISTANCIAS APROXIMADAS ENTRE PIEDRAS Y METROS CUBICOS DE PIEDRA QUE SE ENCUENTREN EN UNA HECTAREA A 30 CM. DE PROFUNDIDAD CON PORCENTAJES DE SUPERFICIE CUBIERTA.

Diámetro de las piedras en metros	*Distancias entre piedras, centro a centro, en mts.*	*Porcentaje de Area cubierta con piedras*	*Metros cúbicos de piedra por hectárea a 30 cm. de profundidad*
0,60	3,30	3	148
	1,50	15	740
	0,80	50	2470
0,30	1,65	3	72
	0,75	15	370
	0,40	50	1234
0,15 (1)	0,80	3	36
	0,36	15	184
	0,21	50	616

(1) Guijarros.

Rocosidad

La rocosidad se refiere a la proporción relativa de exposición de la roca firme en un área de suelos, ya sea en afloramientos rocosos o en manchas de suelo muy delgado para uso, sobre lecho rocoso. El término "rocoso" se usa tal vez arbitrariamente para suelos que tienen rocas fijas (roca firme), y el término "pedregoso" se usa para suelo que tienen fragmentos rocosos sueltos.

Las clase de rocosidad, como a las de pedregosidad, reciben definiciones amplias en términos absolutos y definiciones más específicas en términos del uso del suelo para aquellos suelos que en lo demás son apropiados para cosechas o para pastos mejorados. Las áreas del suelo que tienen las mismas definiciones en términos del área del lecho rocoso expuesto, pueden variar ampliamente en la profundidad del suelo entre afloramientos rocosos. Tales diferenciaciones deben hacerse dentro de las definiciones de las series de suelos. Como en el caso de la pedregosidad, las clases de rocosidad se utilizan en las descripiciones de series de suelos y pueden llegar a constituir uno de los criterios para diferenciar entre series o el criterio único para diferenciar entre fases. Pueden combinarse dos o más clases dentro de una unidad cartográfica; algunas unidades cartográficas pueden también tener clases de pedregosidad y de fragmentos gruesos.

Las relaciones con el uso del suelo se sugieren en las definiciones de clases, se aplican principalmente a áreas de suelo de regiones húmedas que responden al manejo en todo lo demás. Al hacer las definiciones de las fases existentes deben tenerse en cuenta las alternativas en cuanto a prácticas de manejo que pueden utilizarse para sembrar, cosechar, controlar las malas hierbas, etc.

En cada leyenda descriptiva de un levantamiento de suelos, deben definirse en forma específica las fases rocosas de cada serie o tipo de suelo.

Las clases de rocosidad son las siguientes:

Clase 0: No existen afloramientos de la roca firme, si existen son muy escasos para interferir con la labranza. El porcentaje de lecho rocoso expuesto ocupa menos del 2% de la superficie.

Clase 1: Afloramientos de la roca firme para interferir con la labranza pero no tantas como para hacer imposible el cultivo a escarda. Las exposiciones rocosas se encuentran aproximadamente de 30 a 90 metros unas de otras y cubren del 2 al 10% de la superficie.

Clase 2: Afloramientos de la roca firme suficientes para hacer la labranza de cosechas escardadas impracticable; sin embargo se



Fig. 42. — **Fotografía en que se muestra un área de suelo con rocosidad Clase 2.**

puede trabajar el suelo para heno o pastos mejorados, si las otras características edáficas son favorables. Los afloramientos se encuentran aproximadamente de 10 a 30 m. de distancia unos de otros y cubren del 10 al 25% de la superficie, lo cual depende de su distribución (fig. 42).

Clase 3: Afloramientos rocosos en cantidad suficiente para impedir todo uso de maquinaria, excepto la muy liviana en donde las demás características del suelo son muy favorables para el desarrollo de pastos mejorados. Puede ser usado para pastoreo natural o para bosques. lo cual depende de las demás características edáficas. Las rocas expuestas o las manchas de suelos demasiado delgadas para uso se encuentran aproximadamente cada 3 a 10 metros una de otra y cubren del 25 al 50 por ciento de la superficie, lo cual depende de la disposición en que se encuentren.

Clase 4: Afloramientos rocosos (o suelo muy delgado sobre roca) en cantidad suficiente para hacer imposible el uso de maquinaria. La tierra puede tener algún valor para pastos pobres o para silvicultura. Los afloramientos rocosos se encuentran cada tres metros o menos y cubren del 50 al 90 por ciento del área.

Clase 5: Tierras en las cuales el 90 por ciento de la superficie está formada por afloramientos rocosos.

Las diferencias entre las clases 0, 1 y 2 comúnmente se toman como base para distinguir fases entre tipos de suelos (8). Como es el caso con la fases de pedregosidad, estos términos se agregan como adjetivos a las clases texturales, como parte de los nombres de los tipos, como Hagerstown franco rocoso, Hagerstown franco muy rocoso o Hagerstown franco extremadamente rocoso. Estas son tres fases dentro del suelo Hagerstown franco, además de la fase no rocosa.

Las diferencias entre las clase 2 y 3 o entre las clases 3 y 4 ofrecen corrientemente las bases para separar la serie de suelos del tipo misceláneo de tierra denominado Tierra Rocosa. Cuando el suelo con rocosidad mayor de clase 2 no responde a prácticas de manejo para pastos mejorados la separación se hace ahí y entonces la tierra con rocosidad clase 3 se denomina ya Tierra Rocosa. Por otro lado, cuando el suelo responde en forma especial a prácticas de manejo para pastos mejorados y se le puede cultivar con maquinaria muy liviana, se coloca en una fase extremadamente rocosa. Si la tierra no puede ser usada prácticamente para pastos mejorados, pero la diferenciación entre las diversas clases de Tierra Rocosa con rocosidad clase 3 es importante, una unidad puede ser denominada así: Tierra Rocosa, material originario de (aquí el nombre de la serie).

---

(8) Véase la sección sobre Unidades para la clasificación y cartografía de suelos.

Si las distinciones entre las clases 3 y 4 de rocosidad no son significativas, toda la tierra en ambas clases es llamada tierra rocosa. Si la distinción entre estas dos clases es significativa, la tierra de la clase 3 puede incluirse como una fase extremadamente rocosa dentro de un tipo o como Tierra rocosa, material originario de (aquí el nombre de la serie) ; así el nombre de la Tierra rocosa quedaría reservado para la clase de rocosidad 4.

La tierra con rocosidad clase 5 se clasifica siempre como Afloramiento rocoso aunque se encuentre alguna pequeña cantidad de suelo entre los filos del afloramieno.

En el cuadro 5 se muestran las relaciones entre las clases de pedregosidad y las clases de rocosidad, así como las relaciones de estas con algunas otras unidades edáficas de clasificación.

Las áreas de fases rocosas muy pequeñas para ser separadas no se muestran en el mapa. En vez de ellos se utilizan en símbolos para afloramientos rocosos o para bordes rocosos (Láminas 4 y 6). Para cada levantamiento se debe establecer cuánto representa cada uno de estos símbolos.

Clases combinadas de pedregosidad y rocosidad

Frecuentemente es necesario combinar las clases de rocosidad y pedregosidad. Cuando esto sucede, se debe considerar la influencia combinada de las dos condiciones en cuanto se refiere al uso del suelo. Los suelos que tienen una pedregosidad clase 1 junto con una rocosidad clase 1, pueden nombrarse como fases muy pedregosas y muy rocosas de un tipo de suelo, o simplemente como fase pedregosa. Las tierras que tuvieran rocosidad clase 2 y pedregosidad clase 2, o clases más altas, deben ponerse dentro de un tipo misceláneo de tierras, como Tierra pedregosa rocosa.

CUADRO Nº 5

RELACION ENTRE LAS CLASES DE PEDREGOSIDAD Y ROCOSIDAD (1), ENTRE ELLAS Y CON OTRAS UNIDADES DE CLASIFICACION EDAFICA

Pedregosidad			Rocosidad		
Clase	Porcentaje aprox. de sup. cubierta	Modificación en el nombre de la unidad de clasificación para indicar el grado de pedregosidad	Clase	Porcentaje aprox. de sup. cubierta (4)	Modificación en el nombre de la unidad de clasificación para indicar el grado de pedregosidad
0	Menos de 0,01	Sin modificación. Ej. Gloucester franco.	0	Menos de 2	Sin modificación. Ej. Hagerstown franco.
1	0,01 a 0,1	Pedregoso (fase) (2). Ej. Gloucester franco pedregoso.	1	2 a 10	Rocoso (fase) (2). Ej. Hagerstown franco rocoso.
2	0,1 a 3,0	Muy pedregoso (fase). Ej. Gloucester franco muy pedregoso.	2	10 a 25	Muy rocoso (fase). Ej. Hagerstown franco muy rocoso.
3	3,0 a 15	Cualquiera de las siguientes: Extremadamente pedregoso (fase). Ejemplo. Gloucester franco extremadamente pedregoso. Tierra pedregosa (3). Tierra pedregosa (Material originario Gloucester).	3	25 a 50	Cualquiera de las siguientes: Extremadamente rocoso (fase). Ej. Hagerstown franco extremadamente rocoso. Tierra rocosa (3). Tierra rocosa (Material originario Hagerstown).
4	15 a 90	Cualquiera de las siguientes: Tierra pedregosa (3). Tierra muy pedregosa.	4	50 a 90	Tierra rocosa (3).
5	Sobre 90	Tierra de ripio.	5	Sobre 90	Afloramiento rocoso.

(1) Esta tabla sirve de guía general para levantamientos de suelos detallados y básicos, en donde es importante diferenciar entre varias clases y entre pedregosidad y rocosidad. Cuando se encuentren suelos con rocosidad, pedregosidad y algunos fragmentos gruesos, en los cuales la separación por clases no tenga un propósito útil, se les puede designar como fases pedregosas.

(2) Se puede omitir la palabra "fase"; aunque se entiende que Gloucester franco pedregosos es una forma acertada de llamar la unidad Gloucester franco, fase pedregosa, Si toda el área en un tipo de suelo tiene una clase de pedregosidad, digamos por ejemplo 2, "muy pedregoso" viene a ser un adjetivo descriptivo del tipo y, por lo tanto, no hay fases de pedregosidad, por lo menos teóricamente.

(3) Comúnmente la distinción entre las clases 3 y 4 no es necesaria y el total de las clases se incluye como Tierra pedregosa o Tierra rocosa.

(4) Se incluyen áreas de suelo de muy poca profundidad y, por lo tanto, de escaso uso para el crecimiento vegetal.

LA ESTRUCTURA DEL SUELO

Estructura del suelo es un término que se refiere a la agregación de las partículas primarias del suelo en partículas compuestas, o a las agrupaciones de partículas primarias, las cuales se separan de los agregados contiguos por medio de superficies de debilidad. Las partes exteriores de algunos agregados tienen partículas superficiales delgadas, a menudo oscuras, las cuales tal vez ayuden a mantenerlos separados. Otros agregados tienen superficies e interiores de igual color y las fuerzas que los mantienen unidos, parecen ser totalmente internas.

Un agregado natural individual de suelo, recibe el nombre de "ped" en contraste con (1º) **terrón** el cual es causado por un disturbio, como por ejemplo la aradura, que moldea el suelo en una forma temporal que se deshace al someterla a humedecimiento y secado repetidos; (2º) **fragmentos,** el cual se forma por la ruptura de la masa de suelo a través de superficies naturales de debilidad o (3º) **concreción,** la cual se forma por la concentración local de compuestos que cementan en forma irreversible un conjunto de gramos de suelo.

Es muy difícil poder llegar a hacer suficiente hincapié en la importancia de la estructura del suelo en la clasificación y su influencia sobre la productividad de los suelos. La capacidad que tiene cualquier suelo para el crecimiento de las plantas y su respuesta al manejo depende tanto de su estructura como de su fertilidad. En los Estados Unidos, generalmente, los suelos que tienen agregados esferoidales tienen mucho espacio poroso entre agregados, tienen permeabilidad más rápida y son más productivos que los suelos de fertilidad comparable pero de estructura masiva, blocosa o prismática. En otras partes del mundo, existen suelos sobregranulados. Algunos suelos lateríticos tienen "peds" esferoidales tan bien desarrollados que la capacidad de retención de humedad es baja; hay poco contacto entre las raíces y el suelo y son relativamente improductivos.

En las descripciones de campo de la estructura del suelo se anotan: 1º) la forma y la disposición, 2º) el tamaño y 3º) lo claro y durable de los agregados visibles o "peds". La terminología de campo para estructura consiste de conjuntos separados de términos que designan cada una de estas tres cualidades, las cuales, por combinación, forman los nombres para estructura. La forma y la disposición de los "peds" recibe el nombre de **tipo** de estructura; su tamaño es la **clase** y el grado de claridad se llama **grado** (1). El diseño estructural de un horizonte de suelo también incluye las formas y tamaños de los espacios de poro tanto como la de los mismos "peds".

Hay cuatro tipos primarios de estructura: 1º) Laminar, con las partículas dispuestas alrededor de un plano, generalmente horizontal; 2º) semejante a prismas, con las partículas arregladas alrededor de una línea vertical y limitadas por superficies verticales relativamente lisas; 3º) semejante a bloques o poliédrica, con las partículas dispuestas alrededor de un punto y limitadas por superficies lisas o redondeadas, las cuales son moldeadas por las caras de los "peds" vecinos o circunvecinos;; 4º) esferoidal o polihédrica, cuyas partículas se encuentran dispuestas alrededor de un punto y están limitadas por superficies convexas o muy irregulares que no se acomodan a los agregados laterales. Cada una de las últimas tres tienen dos subtipos. Bajo la forma prismática, los subtipos son **prismáticos,** cuando no tienen los extremos superiores redondeados y cuando los tienen se denominan columnares. Los subtipos de la forma blocosa son: **blocoso angular,** cuando se encuentran limitados por planos que se interceptan en ángulos relativamente agudos y **blocoso subangular** cuando tienen caras redondeadas y planas, con vértices en su mayoría redondeados. Cuando el término "blocoso" se usa solo, se sobreentiende que es blocoso angular. La forma esferoidal se subdivide en **granular** que es relativamente no poroso y en **migajoso** que es muy poroso. Cada tipo de estructura incluye "peds" que varían en forma y en las descripciones detalladas de suelos puede que se requieran declaraciones suplementarias acerca de la forma de los "peds" individuales (figuras 43 y 44).

Los nombres usados en bastardilla en los párrafos anteriores son los más comúnmente usados en las descripciones de los horizontes del suelo. Aunque se ha usado el nombre de **nuez** para los **"peds"** de forma de bloque, el nombre no se recomienda; para la denominación blocoso subangular se ha usado como alternativamente opcional el término **nuciforme,** a pesar de lo cual recomendamos **blocoso subangular.** Para muchas personas es difícil no dar al término **nuez** o **nuciforme** una significación asociada de tamaño. Es por este motivo que algunos confunden blocoso muy fino con granular. Los términos

(1) Para una discusión útil de la historia de estos conceptos, se puede ver INKIFOROFF, C. C., MORPHOLOGICAL CLASSIFICATION OF SOIL STRUCTURE. Soil Sci., 52:193-212, illus. 1941.

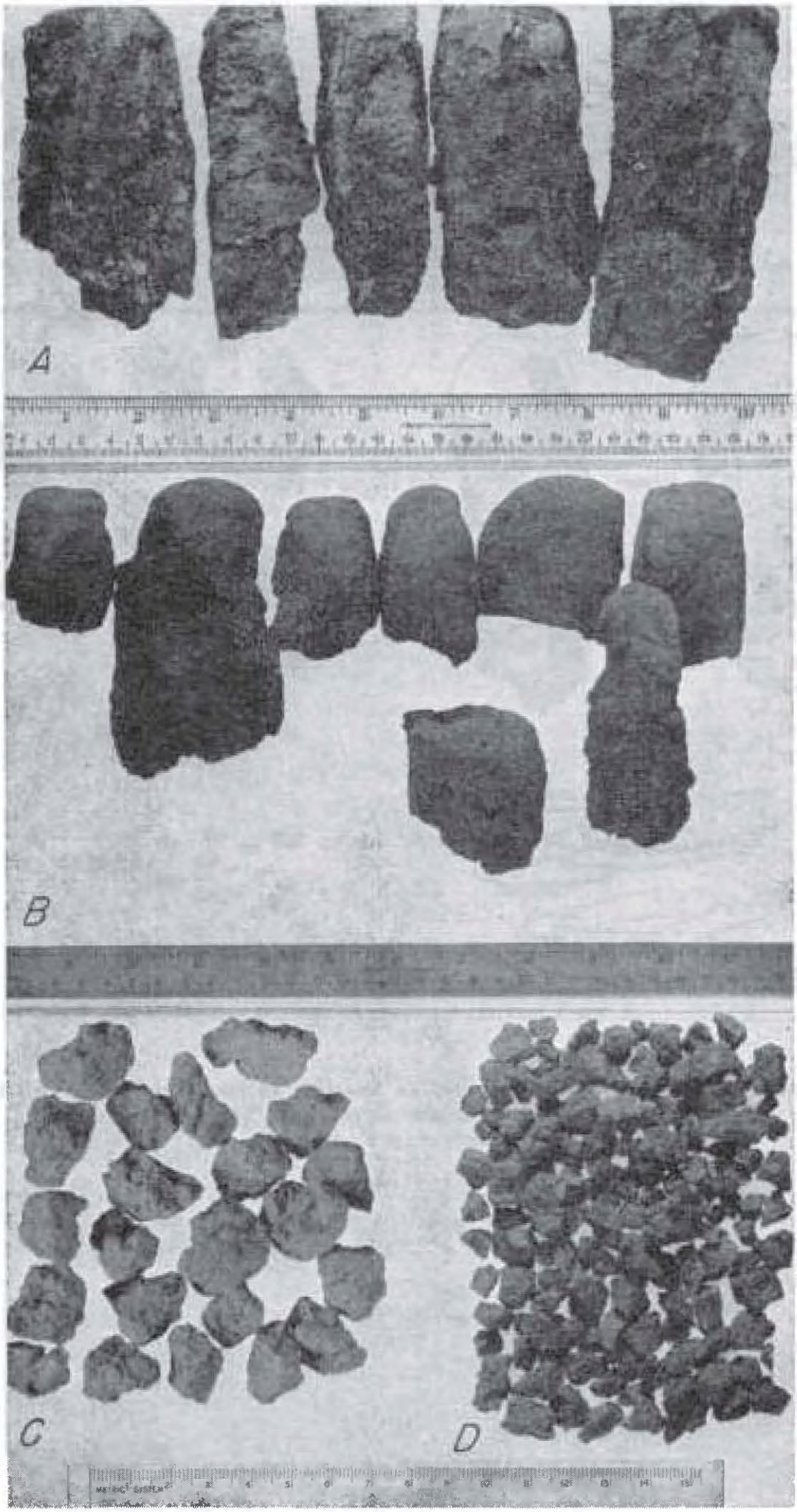


Fig. 43. — **Fotografía de los agregados estructurales característicos: A, prismático; B, columnar; C, blocoso angular, y D, blocoso subangular.**

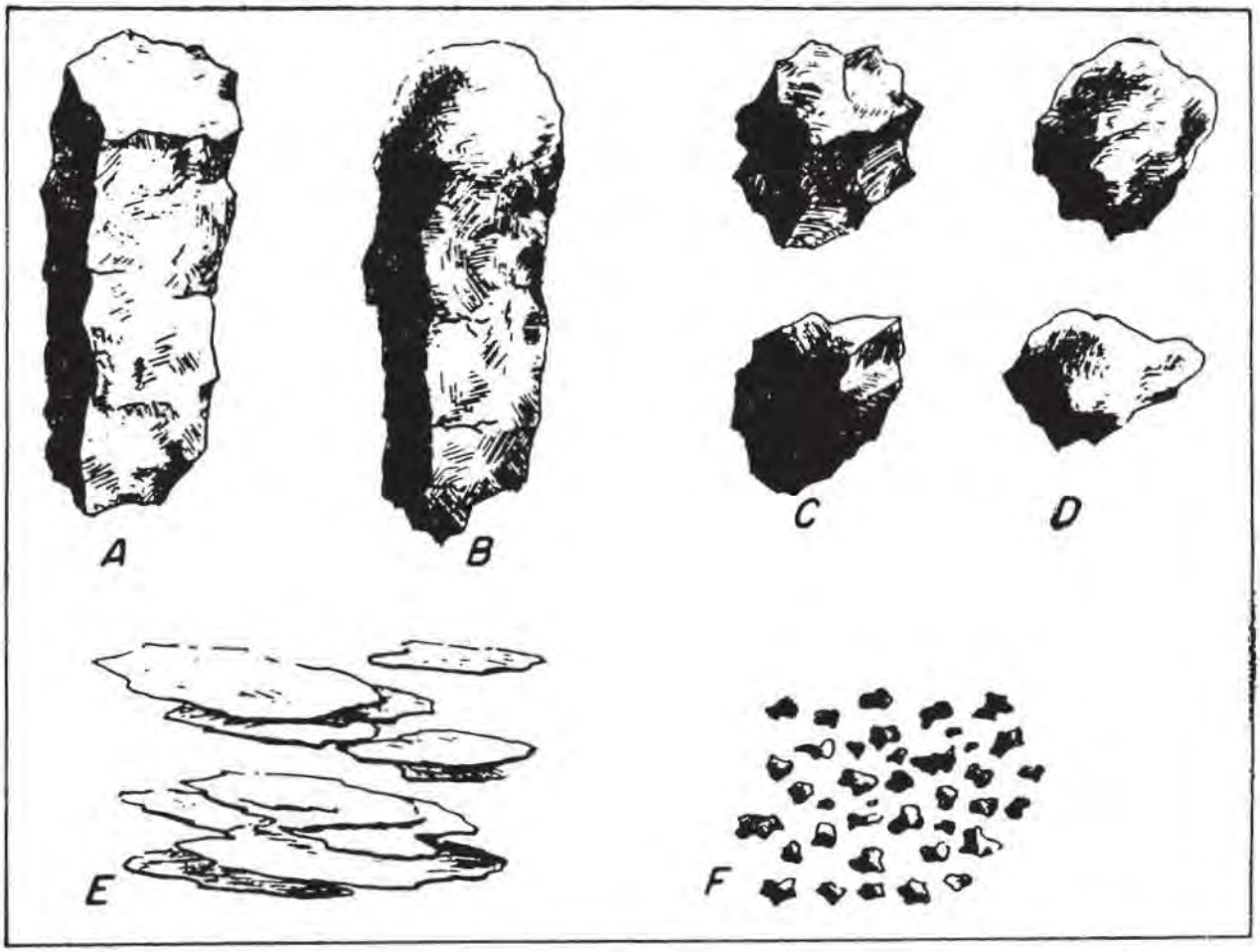


Fig. 44. — **Dibujos que ilustran algunos de los tipos de estructura del suelo: A, prismático; B, columnar; C, blocoso angular; D, blocoso subangular; E, laminar, y F, granular.**

que se usan para designar tipos de estructura de suelos se refieren únicamente a forma y disposición y no específicamente a tamaño.

Se distinguen cinco clases en cada uno de los tipos primarios. Sus nombres y límites de tamaño, los cuales varían con los cuatro tipos primarios para forma y disposición, se dan en el cuadro 6.

Grado de estructura es el grado de agregación y expresa la diferencia entre cohesión dentro de los agregados y adhesión entre ellos. En el campo el grado de estructura se determina principalmente anotando la durabilidad de los agregados y las proporciones entre material agregado y no agregado resultante de la remoción de los agregados o de la acción de triturarlos suavemente. El grado de estructura varía con el humedecimiento del suelo y debe describirse en el punto en que el horizonte tiene los contenidos de humedad de mayor importancia. La descripción principal de la estructura de un horizonte de suelo debe referirse a su contenido normal de humedad, aunque se debe llamar la atención a cualquier contraste en estructura que llame mucho la atención bajo las condiciones de humedad a las cuales esté sujeto el suelo. Si el grado se describe sin establecer el contenido de humedad, se asume que el suelo está casi seco o con muy poca humedad, la cual es la parte de la oscilación de humedad del suelo en la cual la estructura se expresa con mayor fuerza.

La estructura puede alterarse mucho con la exposición, volviéndose a menudo más fuerte. Los cortes viejos de caminos no son lugares adecuados para determinar el grado de estructura, aunque a menudo ofrecen una pista para determinar el tipo de estructura presente cuando el grado es tan débil que no puede identificarse en suelos disturbados.

Los términos usados para el grado de estructura, son los siguientes:

0—Sin estructura. Es la condición en la cual no se observa agregación o arreglo ordenadamente definido de líneas naturales de debilidad. Se dice **Masivo** cuando es coherente y de **grano simple** si no es coherente.

1—Débil. Es el grado de agregación que se caracteriza por "peds" vagamente formados y los cuales son muy difíciles de observar en el sitio mismo. Cuando un suelo que tiene este grado de estructura se disturba, se deshace en una mezcla de "peds" enteros, quebrados con mucho del material no agregado. Este grado puede subdividirse, si es necesario, en **muy débil** y **moderamente débil.**

CUADRO Nº 6 TIPOS Y CLASES DE ESTRUCTURA DEL SUELO

Clase	**T I P O (Forma y arreglo de los peds)**						
	Semejando láminas con una dimensión (la vertical) limitada y mucho menor que las otras dos; arregladas alrededor de un plano horizontal; las caras son en su mayoría horizontales.	Semejando prismas con dos dimensiones (la horizontal) limitada y considerablemente menor que la vertical; arreglada alrededor de una línea vertical; caras verticales bien definidas; vértices angulares.		Semejando bloques; polihédrico o esferoidal, con tres dimensiones del mismo orden de magnitud, dispuesto alrededor de un punto.			
				Semejando bloques; bloques o polihedros que tienen superficies planas o curvas formadas por las caras de los "peds" que los circundan.		Esferoides o polihedros que tienen caras planas o curvadas que se ajustan ligeramente con las superficies de los "peds" que los circundan.	
		Sin partes superiores redondeadas.	Con partes superiores redondeadas.	Caras aplastadas; la mayoría de los vértices fuertemente angulares.	Caras aplastadas y redondeadas mezcladas con muchos vértices redondeados.	"Peds" relativamente no porosa.	"Peds" porosos.
	Laminar	Prismático	Columnar	(Angular) Blocoso (1)	Subangular blocoso (2)	Granular	Migajoso
Muy fina o muy delgada.	Laminar muy fina; < 1 mm.	Prismática muy fina; < 10 mm.	Columnar muy fina; < 10 mm.	Blocoso angular muy fina; < 5 mm.	Blocoso subangular muy fina; < 5 mm.	Granular muy fina; < 1 mm.	Migajoso muy fino; < 1 mm.
Fina o delgada	Laminar delgada; 1 a 2 mm.	Prismática fina; 10 a 20 mm.	Columnar fina; 10 a 20 mm.	Blocoso angular fino; 5 a 10 mm.	Blocoso subangular fino; 5 a 10 mm.	Granular fino; 1 a 2 mm.	Migajoso fino; 1 a 2 mm.
Media.	Laminar media 2 a 5 mm.	Prismática media; 20 a 50 mm.	Columnar media; 20 a 50 mm.	Blocoso angular medio; 10 a 20 mm.	Blocoso subangular medio; 10 a 20 mm.	Granular medio; 2 a 5 mm.	Migajoso medio; 2 a 5 mm.
Gruesa o espesa.	Laminar gruesa; 5 a 10 mm.	Prismatica gruesa; 50 a 100 mm.	Columnar gruesa; 50 a 100 mm.	Blocoso angular gruesa; 20 a 50 mm.	Blocoso subangular gruesa; 20 a 50 mm.	Granular grueso; 5 a 10 mm.	
Muy gruesa o muy espesa	Laminar muy gruesa; > 10 mm.	Prismática muy gruesa; > 100 mm.	Columnar muy gruesa; > 100 mm.	Blocoso angular muy gruesa; > 50 mm.	Blocoso subangular muy gruesa > 50 mm.	Granular muy grueso; > 100 mm.	

(1) "a" Llamado algunas veces *nuez*. "b" La palabra "angular" puede omitirse ordinariamente en el nombre.
(2) Llamada algunas veces *nuciforme*, nuez o nuez subangular. Estos términos no se recomiendan en consideración a que su significación de tamaño conduce a error.

2. **Moderado.**—Es el grado de estructura que se caracteriza por "peds" bien formados y claros los cuales son moderadamente durables y evidentes pero que no son claros en suelos no disturbados. El material edáfico de este grado cuando se disturba se deshace en una mezcla de "peds" numerosos, claramente definidos y completos, de algunos quebrados y de un poco de material no agregado. Ejemplos de esta naturaleza son los horizontes A francos de suelos castaños típicos granular y en los horizontes arcillosos B de suelos Podzólicos Rojo Amarillos como los Boswell en el tipo blocoso.

3. **Fuertes.** — Es el grado de estructura que se caracteriza por "peds" durables y que son totalmente evidente en suelos no disturbados, ya que se adhieren con debilidad el uno al otro y que resisten desplazamientos y se separan cuando el suelo se remueve. Cuando el material edáfico de este grado de estructura se retira del perfil está formado principalmente de "peds" enteros, incluyendo solo unos pocos "peds" quebrados y ninguno o muy poco material no agregado. Si se necesita para comparación, este grado puede subdividirse en **moderamente fuerte** y **muy fuerte.** Se encuentran ejemplos de estructura fuerte en los tipos granulares de horizontes A de los suelos Chernozen típicos y en los horizontes B típicamente columnares de los suelos Solonetz-solodizados típicos.

La secuencia que se sigue en la combinación de los tres términos para formar los nombres compuestos de la estructura es: 1º) tipo (forma) 2º) grado (claridad) y 3º) clase (tamaño). Por ejemplo, la designación de una estructura de suelo en la cual los "peds" se encuentran dispuestos en forma suelta y son redondeados pero no extremadamente porosos, de diámetro dominante entre 1 y 2 mm. y completamente claros es: **granular fuerte fino.** La designación de la estructura por grado, clase y tipo puede ser modificada, cuando sea necesario, para describir otras características de los "peds", con cualesquiera otros términos apropiados.

Muchos horizontes de suelos tienen estructuras compuestas que consisten de uno o más conjuntos de "peds" más pequeños unidos en "peds" mayores. Las estructuras compuestas se describen, por ejemplo, de la manera siguiente: **Compuesta granular moderada media con prismática muy gruesa moderada.** Hay suelos que tienen una estructura cuando no han sido removidos y pueden adoptar otra cuan do se les disturba. Cuando se les remueve, los "peds" mayores pueden deshacerse en "peds" más pequeños, como por ejemplo, prismas largos se pueden convertir en bloques medianos..

Cualquier agregado que se remueva mucho o se someta a presión, se quiebra en partículas menores. Estas partículas más finas pueden o no ser "peds", lo cual depende de que su forma y tamaño

estén determinados por superficies de debilidad entre los agregados naturales o por el lugar y dirección de la presión aplicada. La sola quebradura en fragmentos mayores que los granos del suelo, sin ninguna forma y tamaño ordenado, no se debe confundir con la estructura del suelo. Los horizontes masivos del suelo, que no tienen estructura, pueden despedazarse en fragmentos, tal y como se puede hacer con el vidrio. Tales fragmentos no son "peds".

CONSISTENCIA DEL SUELO

El término consistencia del suelo se refiere a los atributos del material edáfico que se expresan por el grado y clase de cohesión adhesión o por la resistencia a la deformación o ruptura. Todo material edáfico tiene una consistencia independientemente de si la masa es grande o pequeña, de si está en una condición natural o muy removida, agregado o sin estructura, húmedo o seco. Aunque la consistencia y la estructura están interrelacionadas, la estructura trata de la forma, tamaño y definición de los agregados naturales que resultan de las variaciones de las fuerzas de atracción dentro de la masa del suelo, en tanto que la consistencia trata de la intensidad y naturaleza de tales fuerzas en sí.

La terminología usada para consistencia incluye términos separados para la descripción de tres contenidos estandar de humedad (seco, húmedo y mojado). Si las condiciones de humedad no se establecen al usar términos de consistencias queda establecido que esa condición está definida por el propio término usado. De esta manera, cuando se usa el término **friable** sin establecer el contenido de humedad, se entenderá **friable cuando húmedo;** de la misma manera, el término **duro** usado solo, significa **duro cuando seco** y **plástico** solo, significa **plástico cuando mojado.** Si se usa un término para describir la consistencia a un contenido de humedad diferente al de la condición estándar bajo la cual se define el término, **es esencial que se haga una declaración de la condición de humedad.** Corrientemente no es necesario describir la consistencia bajo las tres condiciones estándar de humedad. La más significativa de ellas es la de suelo cuando húmedo y sería muy difícil considerar como completa una descripción de un suelo en donde se la omita; la consistencia bajo condiciones de sequedad corrientemente es útil, pero puede no serlo cuando se describen materiales edáficos que nunca están secos; y la consistencia cuando el suelo está mojado no es esencial en la descripción de muchos suelos pero lo es, y mucho, para algunos.

Aunque la valoración de la consistencia encierra en sí perturbar un poco el suelo, a menos que se diga otra cosa, cuando se hacen las descripciones de consistencia, ellas se refieren a la de suelo de horizontes no removidos. Además, las descripciones de consistencia bajo condiciones húmedas o mojadas se asume que la remoción causa sólo una modificación pequeña de la consistencia o de que la consistencia original puede casi restablecerse al ser compacto el material. En donde tal implicación sea errada, como por ejemplo en capas compactadas, debe describirse separadamente la consistencia tanto antes como después de que se hayan removido. Debe tomarse en cuenta también el hecho de que puede presentarse una consistencia compuesta, como en una masa suelta de gránulos duros. En las descripciones detalladas de suelos que tengan una estructura compuesta, debe establecerse la consistencia de la masa como totalidad, así como de sus partes.

En este libro no se escribe un gran número de términos usados en descripciones de consistencia, como **quebradizo, migajoso, denso elástico, esponjoso, (1) harinoso, blando, suave, firme, apretado, duro** y algunos otros. Todas estas palabras son comunes y tienen significados bien reconocidos. Algunos son indispensables para describir condiciones raras no cubiertas por los otros términos. Son útiles en las descripciones no técnicas en donde se pueda sacrificar un poco de exactitud en beneficio del uso de términos familiares para los lectores. Siempre que sea necesario utilizar estos u otros términos referentes a consistencia, que no se han definido en este **Manual,** deben emplearse con los significados con que aparecen en los diccionarios corrientes.

A continuación se da una lista de los términos usados para consistencia en descripciones de suelos:

I. Consistencia del suelo cuando está mojado

La consistencia cuando el suelo está mojado se determina a capacidad de campo o a un contenido de humedad ligeramente superior a dicha capacidad.

A. Adhesividad. — Adhesividad es la cualidad de adherirse a otros objetos. Para valorar la adhesividad, se presiona el suelo entre los dedos pulgar e índice y se nota así su adherencia. A continuación se describen los grados de adhesividad:

O. No adherente: Al remover y presionar no queda ningún material de suelo adherido o al pulgar o al índice.

1. Ligeramente adherente: Después que se aplica presión al material edáfico, éste se adhiere a ambos dedos; pero al separarlos uno de los dos queda casi limpio y no se observa estiramiento apreciable del material.

---

(1) En descripciones de suelos el término *esponjoso* denota una combinación de consistencia muy suelta a friable junto con una densidad baja.

2. **Adherente:** Después de que se retira la presión al material edáfico se adhiere a ambos dedos, tiende a estirarse un poco y a partirse más bien que separarse de cualquiera de los dedos.

3. **Muy adherente:** Después que se retira la presión, el material edáfico se adhiere fuertemente a ambos dedos y cuando estos se separan el material se estira.

B. **Plasticidad.**— Plasticidad es la cualidad de cambiar de forma continuamente bajo la influencia de una fuerza aplicada y de retener la forma impresa después de retirada la presión. Para la determinación de la plasticidad en el campo, el material edáfico se pasa entre los dedos índice y pulgar y se observa hasta donde se puede formar un rodillo o alambre del suelo. Los límites de humedad bajo los cuales el suelo continúa plástico se pueden establecer cuando ello sea útil al lector de descripciones particulares, como por ejemplo: plástico cuando está ligeramente húmedo o más húmedo; plástico cuando está moderamente húmedo o más húmedo y plástico únicamente cuando está mojado, plástico dentro de los límites amplios, medios o estrechos de contenido de humedad. Exprésese en la forma siguiente el grado de resistencia a la deformación a capacidad de campo o un contenido ligeramente superior a ella:

0. **No plástico:** No se forma ningún rodillo.

1. **Ligeramente plástico:** Se forma un rodillo el cual se deforma fácilmente.

2. **Plástico:** Se forma un rodillo al cual hay que aplicarle una presión moderada para poderlo deformar.

3. **Muy plástico:** Se forma un rodillo o alambre de suelo al cual hay que aplicarle bastante presión para deformarlo.

II. Consistencia del suelo cuando está húmedo

La consistencia cuando el suelo está húmedo se determina con un contenido de humedad aproximadamente intermedio entre sequedad al aire y capacidad de campo. A este contenido de humedad la mayoría de los suelos tienen una forma de consistencia que se caracteriza por (a) tendencia a quebrarse en masas más pequeñas en vez de convertirse en polvo, (b) algo de deformación previa a la ruptura, (c) no es frágil y (d) cualidad del material de poder juntarse de nuevo si se le reúne y aplica algo de presión. La resistencia disminuye con el contenido de humedad y la exactitud de las descripcio-

nes de campo de la consistencia con este grado de humedad están limitadas por la exactitud en la estimación de su contenido. Para valorar esta consistencia se puede seleccionar y tratar de desmenuzar en la mano un terrón que parezca ligeramente húmedo.

0. **Suelto:** No coherente.

1. **Muy friable:** El material edáfico se desmenuza bajo presiones muy débiles pero se une cuando se le junta y aprieta.

2. **Friable:** El material edáfico se desmenuza fácilmente bajo una presión de suave a moderada por los dedos índice y pulgar, y se une cuando se le junta y aprieta.

3. **Firme:** El material edáfico se desmenuza entre los dedos pulgar e índice aplicándole una moderada presión aunque para hacerlo se nota una resistencia completamente clara.

4. **Muy firme:** El material de suelo se desmenuza bajo fuerte presión entre los dedos índice y pulgar.

5. **Extremadamente firme:** El material de suelo se desmenuza únicamente cuando se le aplica una presión muy fuerte; no se le puede desmenuzar del todo entre los dedos índice y pulgar y los terrones se pueden desbaratar únicamente pedacito por pedacito.

El término **compacto** indica una combinación de consistencia firme y una distribución o arreglo de las partículas muy compacta. Este término debe usarse únicamente con este sentido y se le pueden dar grados anteponiéndole las palabras "muy" y "extremadamente".

III. Consistencia del suelo cuando está seco

La consistencia de los materiales edáficos cuando están secos se caracterizan por la rigidez, fragilidad, resistencia máxima a la presión, mayor o menor tendencia a volverse polvo o fragmentos con bordes más bien pronunciados e imposibilidad de volver a juntar el material en una masa coherente. Para valorar esta característica, selecciónese una masa de suelo seco al aire y quiébrese en la mano.

O. **Suelto:** No coherente.

1. **Suave:** La masa de suelo es muy débilmente coherente y frágil; se vuelve polvo o granos individuales bajo presión muy leve.

2. **Ligeramente duro:** Resiste débilmente la presión y se deshace fácilmente entre los dedos índice y pulgar.

3. **Duro:** Resiste una moderada presión y se puede deshacer sin dificultad en las manos, pero es muy raro cuando se puede deshacer entre los dedos índice y pulgar.

4. **Muy duro:** Es muy resistente a la presión; puede quebrarse en las manos pero con dificultad y no se le puede deshacer entre los dedos índice y pulgar.

5. **Extremadamente duro:** Extremadamente resistente a presión; no se le puede quebrar en las manos.

IV. Cementación

Cuando el término cementación se usa con referencia al suelo significa consistencia dura y quebradiza causada por alguna sustancia cementadora diferente a los minerales arcillosos, como carbonato de calcio, sílice, ú óxidos de sales de hierro o aluminio. La cementación es típicamente muy poco alterada si es que lo es en algún grado, por el humedecimiento ya que la dureza y la fragilidad persisten bajo tal condición. Hay cementos semireversibles los cuales generalmente resisten humedecimiento pero a menudo se suavizan bajo un humedecimiento prolongado. Estos se encuentran en algunos suelos dando origen a capas que tienen una cementación muy pronunciada cuando están secos pero la cual se debilita cuando se humedecen. Algunas de las capas que se cementan con carbonato de calcio, a menudo se suavizan algo con el humedecimiento. Cuando se describen cementaciones y no se dice lo contrario, se entiende que son nada o muy alteradas por el humedecimiento. Si la cementación se altera mucho con el humedecimiento, ello debe dejarse establecido así. La cementación puede ser contínua o no dentro de un determinado horizonte.

1. **Cementado débilmente:** La masa cementada es frágil y dura pero puede quebrarse en las manos.

2 **Fuertemente cementado:** La masa cementada es frágil y no se puede quebrar en la mano, lo cual se puede hacer fácilmente con un martillo

3. **Endurecido:** Cementado muy fuertemente; frágil, no se suaviza bajo un prolongado humedecimiento y es tan extremadamente duro que se requiere un golpe muy fuerte con martillo para poder quebrarlo; en estos casos el martillo generalmente suena con el golpe.

LA REACCION DEL SUELO

A la reacción del suelo se le da un énfasis muy especial en la clasificación de suelos. Esto se debe, en parte, a su importancia directa, pero principalmente a otras cualidades, más difíciles de determinar, y las cuales se pueden deducir de la reacción del suelo. Los primeros investigadores de campo distinguían a "grosso modo" entre suelos ácidos y alcalinos haciendo la prueba de los carbonatos con ácido diluído y por medio del uso del papel tornasol y la fenolftaleína. Desde entonces se han desarrollado mejores métodos de campo basados en métodos de laboratorio.

El pH

La intensidad de la acidez o alcalinidad de un suelo se expresa en pH- que es el logaritmo del inverso de la concentración de iones H. En esta forma, el pH 7 es neutro; los valores más bajos indican acidez y los valores más altos significan alcalinidad. Los horizontes del suelo varían en pH desde poco menos de 3.5 hasta algo más de 9.5. Los términos que se usan para diferentes límites de pH son los siguientes:

	pH		*pH*
Extremadamente ácido ..	Menos de 4,5	Neutro (1)	6,6 a 7,3
		Medianamente alcalino ..	7,4 a 7,8
Muy fuertemente ácido ..	4,5 a 5,0	Moderadamente alcalino .	7,9 a 8,4
Fuertemente ácido	5,1 a 5,5	Fuertemente alcalino ..	8,5 a 9,0
Medianamente ácido	5,6 a 6,0	Muy fuertemente alcalino	9,1 y más
Ligeramente ácido	6,1 a 6,5		

Los valores de pH de los horizontes del suelo son importantes en su clasificación y en su identificación en el campo.

En general, el pH refleja el estado de las bases del suelo. Los suelos ácidos son ricos en hidrógeno cambiable, mientras que los suelos alcalinos son altos en bases cambiables el estado de las ba-

(1) La neutralidad estricta es pH 7,0 pero en el trabajo de campo se denominan suelos neutros aquellos cuyo pH oscila de 6,6 a 7,3. En casos muy raros y cuando ello sea significativo, se pueden usar los términos "muy ligeramente ácido" o "muy ligeramente alcalino" para suelos que tengan pH de 6,6 a 6,9 y de 7,1 a 7,3 respectivamente.

ses de los diveros horizonte, tomados junto con sus demás caracteríticas, dice muchísimo acerca de la clase y grado de meteorización, acerca de la composición del material originario, la cantidad de lixiviación y la influencia de la vegetación. Ya que otros factores, como por ejemplo la clase de arcilla, clase y cantidad de materia orgánica, las bases intercambiables particulares que se encuentren y las sales solubles del suelo, influencian el pH, las relaciones entre éste y el estado de las bases, no es el mismo en todas las clases de suelo.

Además, el pH es una medida de la intensidad de la acidez o alcalinidad y no la capacidad o cantidad total. Cuando las demás condiciones son iguales los suelos ricos en arcilla o en materia orgánica, tienen mayores reservas de acidez o alcalinidad que suelos arenosos o aquellos que sean bajos en materia orgánica. En los suelos turbosos y "muck", las reservas son muy altas. Las Lateritas o suelos Lateríticos tienen menores reservas que los Podzoles o suelos podzólicos aún cuando tengan iguales contenidos de arcilla. Se dice que un suelo con una alta capacidad o reserva está bien amortiguado.

Los valores de pH muy por encima de 7 usualmente indican presencia de algo de carbonatos libres de calcio, magnesio o de ambos, aunque esto no tiene que ser necesariamente así. Algunos suelos Solonetz de pH 8.5 no indican presencia de carbonatos en la prueba de campo. Por otra parte, un suelo Wiesenboden chernozémico puede tener pequeñas partículas de carbonato que reaccionan con el ácido, aunque el horizonte superficial (Ap) en su totalidad sólo tenga un pH 5.5.

Los suelos que tienen valores de pH más altos de 8.5 casi siempre tienen cantidades significativas de sodio cambiable. Sucede lo mismo con unos pocos suelos que tienen un pH menor, como son por ejemplo, los relativamente altos en sodio e hidrógeno cambiables pero bajos en calcio.

Las plantas son en parte responsables de diferencias en pH del suelo. Algunas se alimentan con mucho sodio, elemento que devuelven luego a la superficie. La reacción del suelo bajo arbustos de esta índole puede ser más alcalina, hasta un punto más, en los primeros 60 cm. que en las siguientes. Otras plantas se alimentan mucho con calcio y la descomposición de sus residuos tiende a mantener el suelo neutro. Aún se encuentran otras plantas que se alimentan de bases sólo en muy pequeña proporción. La descomposición de los residuos de tales plantas tiende a producir acidez en la superficie del suelo.

La relación es mutua: las plantas cuyos residuos son formadores de ácidos crecen generalmente mejor en suelos ácidos; las que requieren mucha cal no pueden desarrollarse en suelos muy ácidos. A pesar de lo anterior, y tal como suecede con otras caractrísticas edáficas, las relaciones entre el pH del suelo y el crecimiento vegetal varían con las demás características del suelo. Algunos árboles de playa por ejemplo, usualmente crecen en suelos bien dotados de cal, pe-

ro a pesar de ello, cuando los demás factores de crecimiento le son favorables también crecen bien en los suelos con cubierta orgánica ácida, en donde la cal es escasa.

Los fisiólogos vegetales han investigado los límites de pH para el crecimiento óptimo de casi todas las plantas comunes conocidas. Tales valores son útiles aunque no son específicos para suelos diferentes. Es decir, el margen de variación del pH para el crecimiento óptimo del trébol rojo, por ejemplo, es más bajo en los Podzoles que en los Podzólicos Pardo-Grisáceos. Debemos recordar que el pH del suelo es una especie de promedio o valor estadístico para muchos puntos separados del horizonte del suelo. El mismo valor del pH, digamos 6.5, para dos muestras de suelo, puede representar el promedio para dos oscilaciones de pH muy diferentes dentro de las masas de suelo examinadas.

Además de su gran importancia en la clasificación del suelo el pH se considera junto con otras características edáficas como la base para predecir las necesidades de cal de los suelos ácidos Para la mayor parte de las plantas cultivadas el pH 6,5 está dentro de la oscilación de pH óptima. En general es muy posible que los nutrientes que necesitan las plantas cultivadas se encuentren en forma asimilable a un pH cercano a 6.5.

El jefe del levantamiento debe reunir la mejor información disponible para el área de estudio acerca de los requerimientos de los suelos y las plantas en cuanto a cal, para de esta manera hacer las respectivas interpretaciones en el informe del levantamiento de suelos. Estas deben revisarse en conjunto con las estaciones experimentales agrícolas que cooperan. En el cuadro 7 se sugieren algunas guías generales, (1) aunque para la mayoría de las áreas desarrolladas se pueden conseguir guías locales mejores. Siempre se pueden hacer mejores recomendaciones cuando se dispone de los valores de pH y de calcio cambiable que si sólo se dispone de los datos de pH.

La determinación del pH en los suelos

Los métodos utilizados para la determinación del pH en los suelos son electrométricos o colorimétricos (2)

Los métodos electrométricos se usan corrientemente en los laboratorios. El medidor de pH con electrodo de vidrio es el instrumento más comúnmente usado. Si se requieren determinaciones de campo precisas, especialmente en donde pueda haber alguna interferencia de sales, es posible usar un medidor de pH de campo. Para trabajo de rutina se recomienda el uso de una relación suelo-agua de 1 a 1. La suspensión se debe agitar vigorosamente, se deja repo-

(1) Tomado de EFFICIENT USE OF FERTILIZERS, IGNATIEFF, V., ed., tal y como se cita en la Bibliografía General.

(2) REED, G. F., y CUMMINGS, R. W., SOIL REACTION: GLASS ELECTRODE AND COLORIMETRIC METHODS FOR DETERMINING pH VALUES OF SOILS. Soil Sci., 59 (1) : 97-104. 1945.

sar por 30 minutos y luego se vuelve a agitar inmediatamente antes de efectuar la determinación. Para suelos orgánicos generalmente es mejor usar una relación suelo-agua de 1 a 5, alargando entonces el período de reposo hasta de 2 horas.

Los indicadores o colorantes que tienen colores diversos a valores diferentes de pH, se usan comúnmente en el campo. Para ello solo se requiere un equipo relativamente simple.

CUADRO N° 7

CANTIDADES APROXIMADAS DE CALIZA FINAMENTE MOLIDA QUE SE NECESITAN PARA ELEVAR EL pH DE UNA CAPA DE SUELO DE 18 cm. DE ESPESOR EN LA MAGNITUD QUE SE INDICA (1)

Regiones de suelos y clases texturales	*Requerimientos de caliza*		
	De pH 3,5 a pH 4,5	*De pH 4,5 a pH 5,5*	*De pH 5,5 a pH 6,5*
Suelo de regiones cálido-templadas y tropicales (2):	Tons. por acre	Tons. por acre	Tons. por acre
Arena y areno francoso	0,3	0,3	0,4
Franco arenoso	—	0,5	0,7
Franco	—	0,8	1,0
Franco limoso	—	1,2	1,4
Franco arcilloso	—	1,5	2,0
Turba	2,5 (3)	3,3	3,8
Suelos de regiones templado frías y templadas (4):			
Arena y areno francoso	0,4	0,5	0,6
Franco arenoso	—	0,8	1,3
Franco	—	1,2	1,7
Franco limoso	—	1,5	2,0
Franco arcilloso	—	1,9	2,3
Turba	2,9 (3)	3,8	4,3

(1) Toda la caliza debe pasar por un tamiz de 2 mm. y por lo menos la mitad debe pasar a través de una de 0,15 mm. Si se usan materiales más ordinarios, las cantidades deben ser mayores. Si se usa cal viva, las cantidades pueden reducirse a la mitad, y si se trata de cal apagada, se pueden usar 3/4 partes.

(2) Podzólicos Rojo-amarillos, suelos lateríticos rojos, etc.

(3) Las sugerencias que se hacen para suelos turbosos son para los que no tienen esencialmente ni arena ni arcilla. Para los que contienen mucha arena o arcilla, las cantidades deben reducirse a los valores medios entre los dados para turba y los correspondientes al suelo mineral. Si los suelos minerales son muy bajos en materia orgánica, las recomendaciones deben reducirse en cerca de 25%; si son muy altos, deben aumentarse en 25 por ciento o más.

(4) Podzoles, Podzólicos Pardo-grisáceos, Pardo Forestales, Podzólicos, Pardos, etc.

En las casas que venden aparatos científicos se puede obtener gran diversidad de equipos para uso de campo.

Con los métodos que usan indicadores colorantes se pueden obtener buenos resultados en suelos minerales con pH entre 4.5 y 7.5.— Un operador de experiencia puede obtener resultados aproximados en 0.2 a 0.4 del valor determinado electrométricamente. Para alcanzar estos resultados se requiere un gran cuidado para evitar contaminaciones de sudor, polvo, productos químicos, etc.

A continuación se dan los indicadores específicos comúnmente usados en el campo y sus límites de pH.:

Indicador	*Límites de pH*
Verde de bromocresol	3,8 - 5,6
Rojo de clorofenol	5,2 - 6,8
Azul de bromotimol	6,0 - 7,6
Rojo de fenol	6,8 - 8,4
Rojo de cresol	7,2 - 8,8
Azul de timol	8,0 - 9,6

Algunos equipos de campo contienen mezclas de indicadores.

En las áreas de levantamientos de suelos se requiere una gran cantidad de determinaciones de pH. Unas pocas unidades cartográficas se separan tomando en cuenta, básicamente, las determinaciones del pH en algunas partes del suelo. Se deben tomar unas pocas muestras duplicadas de vez en cuando, con el fin de enviarlas al laboratorio para determinación inmediata del pH, determinaciones que sirven para controlar lo confiable de los valores determinados en el campo, especialmente en suelos que tienen valores de pH bajos o altos, exceso de sales o cantidades abundantes de materia orgánica.

Para poder determinar la reacción del suelo con precisión, se necesitan muestras de partes diferente del horizonte, especialmente en aquellos que tienen una estructura blocosa o prismática bien desarrollada. En un horizonte columnar B2 por ejemplo, el suelo puede tener entre las columnas un pH de 7 o menos, hasta una profundidad de 50 a 60 cm. y un pH sobre 7.5 inmediatamente abajo de las cabezas de las columnas, en su interior.

Carbonatos libres

La presencia de carbonatos libres en el suelo y en el material originario puede probarse con ácido clorhídrico al 10 por ciento. Cuando se someten a esta prueba suelos muy secos, no debe confundirse la emisión de burbujas de aire con una pequeña efervescencia. La reacción se indica como ligera, fuerte o violenta.

La dolomita es más resistente al ácido que la calcita y por esto se debe algunas veces permitir que pase cierto tiempo para que el ácido reaccione, pues de otro modo puede ser que pase por alto la presencia de dolomita. En algunos materiales rocosos se necesita, para que haya reacción, hacer la prueba con lo roca molida o con ácido clorhídrico caliente.

Puede que sea de utlidad notar si la efervescencia se debe primariamente a fragmentos de caliza, o concreciones de cal o a la tierra fina en sí. Los límites exactos del material efervescente en relación con los agregados estructurales y la profundidad son importantes. La distribución de carbonatos libres en el perfil del suelo y en el material originario es un criterio útil para separar series de suelos. En donde sea dudosa la presencia de carbonatos o en donde se requieren resultados cuantitativos, deben enviarse muestras de suelo a laboratorio para determinaciones de carbonatos.

FORMACIONES ESPECIALES EN LOS PERFILES DE SUELOS

Como formaciones especiales en los perfiles se incluyen concreciones, costras, eflorescencias y crotovinas. Estas características son importantes debido a su influencia sobre las alternativas de uso del suelo o especialmente debido a que a menudo son indicadores de cualidades que no se pueden observar directamente en el campo.

Concreciones

Las concreciones son concentraciones locales de ciertos compuestos químicos, endurecidos, formando granos endurecidos o nódulos de varios tamaños, formas y colores. Se forman comúnmente de acumulaciones locales de calcita (carbonato de calcio), y de óxidos de hierro y manganeso. Algunos otros minerales, como por ejemplo bauxita, forman concreciones fácilmente, pero no son comunes en los suelos.

Concreciones de cal.—Las concreciones de cal consisten usualmente de calcita junto con otro constituyente edáfico incluido. Muchas son de formas irregularmente redondeada (figura 45, derecha) y varían en diámetro desde un milímetro o dos hasta 60 cm. Algunas muestran, más o menos, un laminado concéntrico (fig. 45, izquierda) ; otras son cavernosas (fig. 45, centro). Además de éstas, las concreciones de cal adoptan muchas formas como esferas, elipsoides, formas redondeadas con protuberancias en punta, formas ásperas e irregulares, formas tubulares o tubulares ramificadas y láminas.

La formación de concreciones de cal en el suelo es algo que no se entiende muy bien. Por lo tanto, debe tenerse cuidado al sacar conclusiones de su presencia. En vista de que presumiblemente se forman cuando las aguas subterráneas se sobresaturan, a menudo se las ha considerado como características de suelos desarrollados de materiales originarios calcáreos bajo condiciones climáticas subhúmedas o áridas. Aún así, no son extrañas en suelos de regiones húmedas, formados en tiempos postglaciales. Por ejemplo, muchos sue-



Fig. 45. — La concreeión a la izquierda ha sido fracturada con el fin de mostrar la laminación concéntrica. La del centro también fue quebrada para mostrar su naturaleza cavernosa. La de la derecha muestra la muestra irregularmente redondeada., típica de la concreción de cal.

los Gley-Húmicos (Wisenboden) en la parte norte y central de Illinois, tienen horizontes con abundantes concreciones de cal, del tipo cavernoso. Al tratar de sacar conclusiones de la presencia de concreciones de cal debe recordarse que ellas pueden encontrarse actualmente en proceso de formación bajo los procesos actuales de meteorización y formación del suelo o pueden ser simplemente herencia del material originario y haber sido formados bajo otras condiciones. El loess es un material originario que frecuentemente contiene concreciones de cal.

A menudo se encuentran concreciones de cal cerca o en la superficie. Comúnmente, pero no siempre, esto indica truncación por erosión hídrica o eólica. Puede a veces ser que animales escarbadores las hubieran trasladado a la superficie desde profundidades considerables. Muchos suelos, especialmente las arcillas pesadas de las regiones en donde hay estaciones seca y húmeda alternantes, se "tragan a sí mismos". En la estación seca se abren grandes grietas, y a la llegada de las lluvias cualquier material seco y suelto que se encuentre en las inmediaciones de las grietas es lavado dentro de ellas antes que se cierren. Conforme el suelo se humedece y se cierran las grietas, el suelo entre las grietas, es empujado hacia arriba y finalmente el suelo de capas inferiores, incluyendo concreciones, aparece en la superficie.

Concreciones de hierro y manganeso.—Las acumulaciones de óxidos de hierro y manganeso se presentan en muchos suelos. Las que tienen forma de píldoras endurecidas y forma esférica irregular se denominan concreciones o "pisolitas". También adoptan formas no esféricas. Pueden variar, en el sólum, de 0,05 milímetros de diá-

metro hasta 10 o más milímetros. En las capas profundas alcanzan ocasionalmente tamaños mayores. Estas concreciones usualmente presentan laminaciones más o menos concéntricas, y generalmente son mezclas de materiales edáficos cementados por óxido de hierro y manganeso. Parece ser que estas concreciones se desarrollan bajo condiciones alternantes de oxidación y reducción; a pesar de lo anterior, ellas se encuentran a menudo aún en suelos bien drenados. En el examen de campo de suelos de colores oscuros es fácil no determinar las concreciones, pues pueden ser de un tamaño no más grande que granos de arena. Por otro lado, los suelos de campos cultivados o en terrazas, pueden aparecer con una concentración más alta de concreciones pequeñas que otros suelos similares, hecho debido simplemente al batir de la lluvia y al consecuente lavado de las partículas finas, lo cual expone en forma más clara las concreciones.

Capas duras en los suelos

Los horizontes o capas en el suelo que se han compactado fuertemente, que se han endurecido o que tienen un contenido muy alto de arcilla, a menudo reciben el nombre de capas duras o costras. Estas capas u horizontes pueden ser genéticos, es decir, formados durante el presente ciclo de formación y meteorización del suelo y como parte de él; o pueden ser restos de ciclos de meteorización anteriores y de esta manera son esencialmente una parte del material originario del suelo actual. Se pueden encontrar como se ha anotado antes, otros tipos de capas endurecidas, accidentales en relación con el medio presente. La presencia de una capa de esta índole en muchos suelos, es de gran significación en cuanto atañe a su uso. La posibilidad de eliminar la influencia desfavorable que ejercen en el desarrollo radicular y la penetración del agua por medio de prácticas de manejo, depende de sus características.. Las capas endurecidas son, por otro lado, y como otros horizontes prominentes, indicadores importantes de los procesos genéticos.

Capas cementadas o endurecidas.—Muchos suelos tienen capas masivas, endurecidas o cementadas, que les son características. Ellas constituyen por ejemplo, horizontes esenciales de suelos colocados en ciertos grandes grupos de suelos, como Podzoles hidromórficos. Sin embargo, se pueden encontrar casualmente costras relictas relacionadas con los factores genéticos existentes. Existen, por ejemplo, capas de laterita endurecida que se cree son de edad Cretácica, las cuales se encuentran en el substrato de suelos en Kansas, Nebraska, y el norte de Iowa, a profundidades escasas. Los agentes cementantes comunes en las costras son, el hierro, hierro y materia orgánica, hierro y sílice, sílice, sílice y cal, y cal. Han sido reportados varias casos de suelos podzólicos que se están desarrollando sobre Lateritas Hidro-mórficas formadas en períodos geológicos antiguos

(1). Algunas de las capas endurecidas de laterita muestran aún la estructura original de la roca, aún cuando sus propiedades químicas y físicas han sido alteradas en forma drástica. Tales capas aún se pueden meteorizar formando concreciones aplanadas que sugieren la forma original de los fragmentos rocosos no alterados.

Cementación por hierro.— La cementación por hierro es característica de capas de laterita endurecidas formadas por el descenso del nivel freático en los suelos Lateríticos Hidromórficos. Las raíces y el agua pueden penetrar la laterita suave sin grandes dificultades. Desde luego que muchas capas endurecidas de laterita son permeables al agua mientras que las raíces las pueden penetrar y atravesar siguiendo las resquebrajaduras y otras aperturas. Las capas de laterita endurecida pueden presentarse en una amplia variedad de suelos de las regiones tropicales como una característica accidental relacionada con el ambiente actual.

Cementación con hierro y materia orgánica.—La formación de capas cementadas con hierro y materia orgánica llamadas "orts tein", es característica de los Podzoles Hidromórficos y de algunos Podzoles. (Los horizontes de acumulación de hierro y materia orgánica no acompañada por cementación, reciben el nombre de "orterde"). Se cree que la formación de estos horizontes se debe a una floculación mutua de coloides orgánicos negativos con los coloides de hierro positivos. Aunque el "ortstein" se forma dentro de la zona de fluctuación de un nivel freático alto, existe evidencia que también se forma en suelos de buen drenaje. Se encuentra, por ejemplo, Podzoles en lomeríos, con "orstein" bien desarrollados, en dunas y morrenas arenosas en los Estados norteños de los Lagos (Estados Unidos de Norte América).

Cementación con hierro, sílice, o ambos.—Existen grandes áreas de suelos sobre capas cementadas con hierro, sílice, o ambos. Estas capas endurecidas son masivas y no tienen estructura y usualmente se encuentran bajo un horizonte de acumulación de arcilla que es de reacción neutra a moderadamente ácida. Las capas cementadas con hierro y sílice son comunes en los conos aluviales de pendientes suaves formados de materiales aluviales ácidos, en California. Se encuentran capas cementadas con sílice en algunas áreas Semi-áridas muy planas de Australia y también se les puede encontrar en los Estados Unidos de Norte América. Las capas duras impiden la penetración del agua y las raíces a menos que se les quiebre por medio de explosiones o por otros medios. No se tienen explicaciones adecuadas acerca de la formación de estas capas duras.

---

(1) Véase por ejemplo, STEPHENS, C. G., PEDOGENESIS FOLLOWING THE DISSECTION OF LATERITIC REGIONS IN SOUTHERN AUSTRALIA. Australia Council Sci. and Indus. Res. Bull. Nº 206, 21 pp., illus. Melbourne, 1946.

Cementación con sílice y cal.—En las áreas de depresión de las regiones áridas y semiáridas algunos suelos tienen capas duras que están cementadas con una mezcla de sílice y cal. Estas capas se encuentran frecuentemente bajo un horizonte de acumulación de arcilla, con reacción alcalina. Se ha puesto poca atención al origen de estas capas a pesar de que cuando son extensivas y continuas son de importancia ya que deben romperse antes de que haya posibilidades de éxito con la aplicación del riego en tales zonas. Estas capas deben buscarse en regiones áridas ya que el suelo bajo condiciones naturales muestra muy poca evidencia de drenaje impedido, el cual puede llegar a ser serio bajo condiciones de riego. Algunas de las capas más profundas sin embargo, no son tan impermeables como parecen ser.

Cementación con cal.—En las regiones en donde la precipitación pluvial es muy baja para remover del suelo todos los minerales solubles, usualmente se forma una acumulación de cal en la parte inferior del suelo. En algunos suelos la cal se acumula en forma de una masa suave polvosa; en otros se acumula en forma de concreciones y aún en algunos lo hace en forma de capa endurecida. La formación de una costra a menudo está asociada con un nivel freático intermitente alto, aunque una vez formada una costra ella puede persistir indefinidamente aún cuando baje el nivel freático. Estas capas varían ampliamente en cuanto a sus efectos sobre el drenaje del suelo. Algunas capas endurecidas no parecen causar gran reducción en el movimiento del agua, mientras que otras sí lo hacen, en especial si se encuentran profundamente en el suelo. Las acumulaciones endurecidas de cal se conocen con el nombre de **"croûte calcaire"** o de **"caliche endurecido** o simplemente **caliche,** siendo estos nombres más comunes en las Américas que el primero. Cuando estas acumulaciones son notorias y gruesas pero no duras, se conocen con el nombre de caliche suave. En algunas gravas glaciares de regiones húmedas como Illinois e Indiana, se encuentran capas parecidas al caliche. Cuando las capas parecidas al caliche son extensivas y continuas, pueden llegar a impedir la penetración del agua y las raíces de las plantas; sin embargo, el caliche que se presenta en los suelos de las regiones húmedas no siempre es continuo sino que puede estar interrumpido a intervalos variables desde centímetros hasta pocos metros.

En los Estados Unidos es común que las capas de carbonato de calcio acumuladas, características de la mayoría de los suelos Chernozem, Castaños y Pardos, reciban, más que el nombre de caliche, el de horizontes de cal. La denominación caliche se usa más corrientemente para las acumulaciones generalmente más profundas y gruesas que se presentan en los suelos de las regiones cálidas o templado cálidas, como por ejemplo la parte sur de los Grandes Llanos (E.E. U.U.).

Costras no endurecidas.—En suelos de las regiones húmedas de pendientes suaves o casi a nivel pueden presentarse costras no en-

durecidas, muchas de las cuales son suficientemente compactas y de permeabilidad lenta como para interferir seriamente con la penetración de las raíces y de la humedad. La presencia de una capa lentamente permeable cercana a la superficie, aumenta grandemente el peligro de erosión de un suelo bajo cultivo. Después que una lluvia ha saturado el suelo situado encima de la capa, conforme sigue lloviendo el suelo se vuelve viscoso y fluye aún en pendientes suaves.

Es costumbre referirse a las "costras" de alto contenido de arcilla, como "costras arcillosas" y a las de alto contenido en limo como "costras limosas" muchas de estas últimas son en realidad arenosas. Hay quienes consideran que estas "costras" están compactadas más bien que cementadas, aunque no son más compactas que la parte superior del horizonte C de algunos suelos desarrollados de till glacial. La sílice redepositada puede contribuir a su densidad y fragilidad, de lo cual les ha venido el nombre de *"fragipan"* (aproximadamente a costras quebradiza).

"Costras" arcillosas. — Las "costras" arcillosas son horizontes o capas compactas ricas en arcilla y separadas en forma más o menos abrupta del horizonte que se encuentra encima de ellas. Los horizontes que tienen alto contenido de arcilla, ya sea por iluviación o debido a un material rico en arcilla, pero que no se encuentran separados abruptamente del horizonte superior, no son considerados universalmente como "costras" de arcilla, aunque algunos autores se refieren a ellas como si lo fueran.

El origen genético de una "costra" arcillosa a menudo se encuentra sugerido por la presencia de pequeños remanentes nodulares provenientes de un viejo horizonte B1 en el horizonte lavado A2. En general los minerales de las "costras" arcillosas genéticas han sido fuertemente meteorizados. Comúnmente los suelos con tales capas arcillosas son bajos en uno o más nutrientes vegetales esenciales y muchas "costras" arcillosas tienen una relación relativamente estrecha, de calcio cambiable a magnesio cambiable.

Sin embargo, los suelos desarrollados en materiales aluviales pueden tener horizontes muy ricos en arcilla o aún "costras" arcillosas heredadas de materiales originarios estratificados. Aunque tales capas pueden ser tan efectivas como las capas genéticas en la retardación de la penetración de las raíces y del agua, los suelos asociados son muy variables en cuanto a su contenido de nutrientes vegetales. Los suelos con "costras" arcillosas heredadas varían en el contenido de nutrientes de acuerdo con diferencias en el material originario.

Aunque se ha encontrado que el uso de explosiones es efectivo en el mejoramiento de la mayoría de las "costras" endurecidas, ha tenido poco efecto duradero en las "costras" arcillosas.

Fragipanes.—En muchos suelos de las regiones de climas húmedos y templado cálidos, con pendientes suaves o casi a nivel se encuentran "fragipanes". Estos horizontes son muy compactos y ricos en limo, arena, o en ambos, y usualmente son de bajo contenido de

arcilla. Los fragipanes pueden o no estar inmediatamente bajo un horizonte de acumulación de arcilla o bien pueden estar encima de él. Comúnmente interfieren con la penetración del agua y las raíces. Cuando están secos, el material compacto parece estar endurecido; pero este aparente endurecimiento desaparece cuando se humedecen. No ha habido acuerdo aún acerca de si los fragipanes son solamente una expresión de una compactación extrema o si son reversiblemente endurecidos. Los fragipanes se encuentran en suelos desarrollados tanto de materiales originarios residuales como transportados.

Eflorescencia

La eflorescencia de sales es una expresión que se refiere a la ocurrencia de sales cristalinas en forma de costras, capas o bolsas. Son comunes las eflorescencias de carbonatos, cloruros y sulfatos de calcio, magnesio y sodio. Ellas se pueden presentar en la superficie del suelo o sobre restos vegetales que se encuentran sobre la superficie; como películas sobre las paredes de grietas o de partículas estructurales, como pseudomicelio, o como venas finas e irregulares que penetran completamente la masa del suelo, o como nódulos o nidos. Las eflorescencias se ven más fácilmente después de largos períodos de sequía. Los depósitos de sales solubles se presentan en lugares en donde se evapora el agua y son proporcionales a las sales que hay en el agua del suelo, y al tiempo en que la evaporación es activa. A menudo estas sales se presentan durante períodos de sequía en las márgenes de las grietas de suelos muy pesados, las cuales son lavadas dentro de las mismas grietas con las primeras lluvia. A esto se debe el bajo contenido de sales en las partes superiores de los "sola" de algunos suelos pesados en las regiones áridas y a su concentración en capas inferiores.

Crotovinas

Las crotovinas son vetas tubulares irregulares que se encuentran dentro de un horizonte. Su formación se debe al relleno de los túneles hechos por animales escarbadores con material proveniente de un horizonte diferente a aquel en donde han sido hechos los túneles. En el perfil del suelo aparecen con manchas redondeadas o elípticas de variados tamaños. En los horizontes oscuros pueden tener colores claros o colores oscuros en horizontes claros y sus demás características de textura y estructura pueden ser diferentes a los del cuerpo principal de suelo del horizonte en que se encuentran. Los animales más comúnmente responsables por la presencia de crotovinas son los roedores y los langostinos (Astacidae). Las excavaciones de los roedores generalmente se encuentran en situaciones bien drenadas, y la de los langostinos en sitios de drenaje pobre. Las crotovinas constituyen un rasgo común de los suelos Chernozem y de otros suelos de colores oscuros desarrollados bajo vegetación graminácea.

MATERIA ORGANICA Y RAICES

En las descripciones de los perfiles de suelos debe anotarse la presencia de materia orgánica y raíces aunque las cantidades exactas de la primera únicamente se pueden determinar por medio de análisis de laboratorio.

Materia orgánica

La naturaleza y el contenido de materia orgánica son características importantes de los suelos. La materia orgánica y su formación influencian las propiedades del suelo en muchas formas y la magnitud de esta influencia generalmente está en desproporción con las cantidades de carbón orgánico que se encuentran en el suelo. Ciertos productos de la descomposición de los materiales animales y vegetales aceleran la meteorización de los minerales del suelo, y la distribución vertical de las diferentes clases de materia orgánica en el suelo a menudo tiene una influencia marcada sobre la diferenciación de horizontes.

Cantidad y distribución de materia orgánica en los suelos. La cantidad total de materia orgánica en los suelos varía muy ampliamente. Los suelos Sierozem solamente contienen una fracción de uno por ciento en las capas superficiales mientras que los suelos turba y barros turbosos están formados en su mayor parte de materiales orgánicos. La cantidad y distribución de la materia orgánica en los diversos horizontes del suelo es uno de los criterios principales para la clasificación. Comúnmente los suelos tienen una cantidad máxima de materia orgánica en la capa superficial y cantidades menores hacia abajo; la mayoría de los Podzoles y muchos suelos con capas arcillosas (claypan) tienen dos acumulaciones máximas de materia orgánica: una en la superficie y una segunda en el horizonte B o capa arcillosa (claypan).

Los residuos vegetales que dan origen por descoposición a la mayor parte de la materia orgánica del suelo están formados de 1º)

hojarasca o sean aquellos materiales vegetales depositados sobre la superficie del suelo y 2º) las raíces que se forman y descomponen bajo la superficie del suelo.

Los cálculos sobre las cantidades de hojarasca que se deposita anualmente varían desde unos pocos kilogramos hasta unos pocos quintales de materia seca por hectárea en la superficie de suelos de las regiones áridas, de 1 a 2 toneladas bajo vegetación de sabana y bosques de coníferas de regiones de climas templado-húmedos o subhúmedos y de 10 a 20 toneladas en suelos bajo bosques pluviales tropicales.

La hojarasca proveniente de vegetación herbácea de sabana y de bosques pluviales tropicales se descompone rápidamente y se mezcla con el suelo mineral superficial. A pesar de la gran cantidad de hojarasca que se forma en los bosques tropicales lluviosos, la acumulación raramente excede de 2.5 a 5 centímetros. Los suelos forestados de los climas húmedos fríos usualmente tienen una capa más bien prominente de materia orgánica sólo parcialmente descompuesta; esto se destaca particularmente en los Podzoles. La clasificación de estas capas superficiales orgánicas se basa sobre todo en la proporción en que están mezcladas las materia orgánica y el suelo mineral, así como en el grado de descomposición de la primera. En general la nomenclatura sugerida por Heiberg y Chandler es aceptada por forestales y edafólogos. Las capas de humus forestal se clasifican en dos grupos principales: *humus dulce* que es una capa rica en humus, que consiste de materia orgánica y mineral mezcladas, con una zona de transición hacia el horizonte mineral que se encuentra inmediatamente abajo; y **humus ácido** que consiste de materia orgánica no incorporada que yace sobre el horizonte subyacente casi sin mezclarse con él.

El humus dulce se subdivide, basándose principalmente en la estructura, en grueso, medio, fino, firme y humus dulce gemelo. El humus ácido está subdividido sobre la base de descomposición y estructura en: forma de estera, laminados, granulados, grasosos y fibrosos. En general, el humus dulce es común en muchos suelos Podzólicos Pardo grisáceos y Pardo forestales y el humus ácido lo es en la mayoría de los Podzoles y suelos Grises de bosque.

Son muchos los esquemas que se han usado para designar las capas de materia orgánica que yacen sobre la superficie del suelo. Algunos usan la letra L para designar la hojarasca recién caída, la letra F (capa de fermentación) para designar la hojarasca parcialmente descompuesta pero reconocible en cuanto a su origen y edad y H (capa húmica) para distinguir la hojarasca descompuesta casi totalmente y no reconocible en cuanto a origen (1).

(1) HEIBERG y CHANDLER y LUNT, tal y como se citan en la nota 2, al pie de la página 244.

En el sistema estándar de nomenclatura de los horizontes, la hojarasca recién caída se distingue como horizonte Aoo, mientras que la parcialmente descompuesta se denomina horizonte Ao. Esta última capa, cuando se trata de trabajos detallados, se puede subdividir en Aol y Ao2 de acuerdo con el grado de descomposición. En las descripciones se usan, como ya se ha dicho anteriormente, otras letras como L, F y H y denominaciones como humus dulce y humus ácido, según sea apropiado.

Las cantidades de raíces que mueren en el suelo cada año, son también variables. Se carece de estimaciones precisas de la producción de raíces en parte debido a la naturaleza temporal de algunas de ellas. Los estudios realizados en varias estaciones del año han indicado que los pastos tienen un sistema radicular grande. El total de las raíces (secas) de los pastos de una pradera madura, en las áreas templadas subhúmedas, llega a cifras tan altas como 12,5 toneladas por hectárea en la capa arable del suelo. Las raíces de pastos cultivados llegan a algo menos, 4.5 a 6.7 toneladas por hectárea para "bluegrass" y de 2.25 a 4.50 toneladas hectárea para la alfalfa y el trébol dulce. Cultivos como el tomate y los guisantes raramente producen más de 660 kilos de raíces por hectárea.

La distribución de las raíces en el perfil del suelo guarda alguna relación con la distribución del carbón orgánico, aunque esta relación no siempre es lineal.

Clases de materia orgánica en el suelo.—La mayor parte de los residuos vegetales de plantas maduras se componen de un número bien conocido de complejos químicos, cuya ubicación en la célula vegetal y cuyas propiedades físicas y químicas han sido extensivamente estudiadas. Estos compuestos han sido agrupados en las seis amplias clases que se enumeran a continuación: (1º) Azúcares, almidones y carbohidratos simples, la mayoría de los cuales son solubles en agua; (2º) Hemicelulosas, pectinas y similares; (3º) celulosas; (4º) ligninas y taninos; (5º) grasas, ceras, aceites, esteroles y ácidos grasos; (6º) proteínas y sus derivados. La naturaleza física y química de los productos complejos formados por la descomposición parcial o por síntesis en las células de la microflora responsable de la descomposición, no se entiende bien aún, pero sí hay muchas similitudes y diferencias entre estos últimos productos y aquellos que proceden de materiales vegetales adultos.

Algunos materiales vegetales adultos se descomponen más rápidamente que otros, lo cual resulta de (1º) diferencias en proporción de los varios constituyentes orgánicos, (2º) de diferencias en cantidad de los nutrientes minerales, y (3º) de las variaciones en las propiedades físicas de los residuos vegetales. Estas diferencias influyen su palatabilidad para la fauna del suelo tanto como la manera y extensión del ataque directo a que son sometidos por la microfauna, bacterias y hongos. En general, la hojarasca (litter) de plantas de hojas anchas se descompone más rápidamente que la

de coníferas. La lentitud en la descomposición de la hojarasca de las coníferas es en parte el resultado de su alto contenido de resinas y su baja capacidad de absorber humedad. También contribuye a esto el que la hojarasca de las coníferas permanece por mucho tiempo formando una masa suelta, bien aireada, que no se compacta al humedecerse. Esto hace que sea más susceptible al secamiento, lo que trae como consecuencia frecuentemente largos períodos de descomposición lenta.

Algunos constituyentes químicos de los materiales vegetales son más susceptibles a descomposición microbiológica que otros. En general, los constituyentes solubles en agua se descomponen más rápidamente. La fracción de hemicelulosa así como aquellas solubles en álcalis o ácidos diluídos también se descompone en forma rápida. Las fracciones de lignina tienden a ser, entre los principales constituyentes vegetales, los que se descomponen con mayor lentitud.

La mezcla compleja y bien descompuesta de los materiales orgánicos del suelo se denomina humus. Esta mezcla representa el punto corriente de equilibrio que se alcanza en un sistema dinámico en el cual la descomposición es más o menos continua y en el que se hacen adiciones periódicas de residuos vegetales frescos. Es completamente diferente a la mayoría de los materiales originales que se encuentran en él, sin alterarse, excepto durante el corto período que sigue a la adición de material fresco. La mayoría de los materiales de la planta, tales como: azúcares simples, celulosa, hemicelulosa, pectina, grasas, ceras y proteínas, desaparecen completamente. En el proceso de descomposición se forman numerosas células microbianas y otros productos sintéticos extraños, cuya naturaleza química difiere en muchos sentidos del tejido vegetal. La mayor parte del tejido vegetal descompuesto se convierte en bióxido de carbono, agua y cenizas.

El proceso de descomposición está muy influenciado por los factores climáticos. Las temperaturas óptimas para los microorganismos mesofílicos, van desde 28 hasta 40 grados centígrados. Cuando la temperatura oscila entre 12 y 25 °C, los residuos vegetales tardan 1/6 a 1/3 más de tiempo en descomponerse.

La influencia de la humedad es igualmente importante. Los residuos vegetales secos pueden absorber de 250 a 300 por ciento de humedad. A estos altos contenidos de humedad la descomposición es más rápida, siempre que dispongan de aire en forma óptima. A menudo y bajo condiciones de alto contenido de humedad en el suelo, se reduce el intercambio de aire en él y se establecen condiciones anaeróbicas bajo las cuales la proporción de descomposición viene a ser baja.

Los microorganismos no están limitados en su actividad por los mismos niveles de humedad que limitan el crecimiento vegetal. Cuando el contenido de humedad se reduce hasta el punto de marchitez para las plantas, se reduce la proporción de descomposición únicamente cerca de una tercera parte de la prevalente cuando las condiciones son óptimas.

Cuando se estudia el suelo es relativamente fácil distinguir y estimar las cantidades relativas de residuos vegetales no descompuestos y los parcialmente descompuestos, especialmente en la superficie del suelo. Mucho más difícil es estimar el humus total del suelo. Aunque la materia orgánica tiende a conferir características de color a los suelos, son serios los errores que se pueden cometer si se trata de estimar su contenido únicamente tomando en cuenta el color. Dentro de áreas pequeñas en donde las clases de materia orgánica y mineral sean relativamente uniformes, la intensidad del color se puede usar como una indicación de la cantidad de materia orgánica, pero cuando se trata de regiones climáticas de amplia variación, el color no se puede usar como criterio en la estimación del contenido de materia orgánica.

La naturaleza de la materia orgánica del suelo varía entre los grandes grupos de suelos. Por ejemplo, la materia orgánica de color muy oscuro, que tienen los suelos Chernozen, es alta en lignina y proteína y baja en carbohidratos susceptibles de ser extraídos por ácido. La materia orgánica de estos suelos tiene una relación C/N de aproximadamente 10 a 12, y una alta capacidad de intercambio de bases. En contraste con esto encontramos suelos que pueden tener contenidos igualmente altos de materia orgánica pero que se han desarrollado bajo vegetación boscosa en una región de clima húmedo o subhúmedo, parecen tener una materia orgánica más baja en lignina y proteínas pero más alta en carbohidratos ácidos solubles. (En los análisis de plantas la fracción ácido-soluble incluye celulosas y hemicelulosas). La materia orgánica de estos suelos a menudo tiene un color claro y en algunos, una intensidad fuerte. La evidencia disponible indica, para estos suelos, una capacidad de intercambio de base baja. Las variaciones en calidad resultan parcialmente de las diferencias en cuanto a la extensión de la descomposición. Generalmente en los suelos que se desarrollan bajo vegetación forestal en los climas templados húmedos, tienen menos materia orgánica que suelos comparables desarrollados bajo pradera, aunque hay muchas excepciones; la materia orgánica presente usualmente tiene una relación C/N más amplia.

Algunas de las diferencias importantes en el grado de desarrollo del suelo parecen estar relacionadas únicamente con diferencias en la vegetación. Se puede encontrar por ejemplo, un Podzol Kauri de Nueva Zelandia, con un horizonte Ao inusualmente grueso, un horizonte A2 muy grueso y blanco y un ortstein marrón rojizo oscuro, separado sólo unos metros de un suelo Pardo Forestal, sin que haya entre los dos, factores genéticos diferentes, excepto el contraste entre los árboles kauri (pino de Nueva Zelandia) sobre el primer suelo y árboles de hojas anchas sobre el segundo. Las diferencias en el contenido de cenizas de las hojarascas, difícilmente explican los efectos; es posible que durante la descomposición de la hojarasca de los pinos se produzca un producto reductor muy poderoso.

Se conoce relativamente poco acerca de la composición de la materia orgánica de los suelos de los trópicos húmedos. Su contenido varía de muy alto a muy bajo. Algunos de los suelos de colores claros de los trópicos húmedos son tan ricos o aún más ricos en materia orgánica que muchos de los suelos Chernozen de colores oscuros o de los suelos de Pradera de las regiones templadas.

La materia orgánica y el cultivo.—Se han hecho muchos estudios acerca de la influencia de la materia orgánica fresca sobre las propiedades de los suelos y el rendimiento de los cultivos. Se cree en general que la adición de materiales orgánicos frescos tienden a incrementar la agregación e infiltración y a reducir la erosión. La influencia que tienen sobre los rendimientos de los cultivos depende del cultivo particular, de la clase de materia orgánica fresca agregada y de la cantidad de humedad disponible. Cuando se descomponen materiales de alto contenido en carbohidratos bajo de nitrógeno, el nitrógeno queda inmovilizado temporalmente por la microflora del suelo, de modo que la producción puede llegar a bajar.

Los sistemas de manejo del suelo tienen una gran influencia sobre la proporción en que la materia orgánica del suelo se gasta o se acumula. Tanto la arada como otros métodos, que distribuyen y mezclan el suelo hasta profundidades apreciables, tienden a acelerar la descomposición de los componentes orgánicos. El uso de barbecho de verano y otros métodos que mantienen la aereación del suelo al óptimo a través de la estación cálida, tienden al desgaste de la materia orgánica. El cultivo de maíz y otros cultivos a escarda es tan destructivo de la materia orgánica como lo es el barbecho. Por otro lado, el crecimiento de pastos y leguminosas de sistemas radiculares profundos, ofrece condiciones que tienden a mantener un nivel estable más alto de materia orgánica. La influencia favorable de los pastos y las leguminosas se debe principalmente a que estas plantas adicionan anualmente al suelo grandes cantidades de materia orgánica fresca, que mejoran la estructura y el balance nutritivo y que permiten que el suelo permanezca sin ser removido por largos períodos de tiempo.

La exposición del suelo al sol hace más rápida la pérdida de materia orgánica, especialmente en los trópicos.

Distribución de las raíces

Aunque existe un amplio conocimiento acerca de la distribución de las raíces de las plantas en el suelo, este conocimiento no es adecuado para pronosticar las necesidades de la mayoría de las plantas cultivadas. Es mucha la información que aún se necesita acerca de la relación entre las raíces de muchas plantas cultivadas y la aereación, estructura, compactación y capacidad de suplir agua y nutrientes de los varios horizontes del suelo. Se necesitan con urgencia estu-

dios cuidadosos de la relación entre las raíces de las plantas y la morfología detallada del suelo, como base para hacer mejores pronósticos acerca de la adaptabilidad de variedades de cultivos a distintos tipos de suelos.

Las raíces necesitan, para realizar sus funciones en forma efectiva, horizontes que sean capaces de suplir cantidades adecuadas de agua, aire y nutrientes. Las raíces crecen poco en horizontes con poca humedad aprovechable, o en horizontes en que falten nutrientes, aún cuando tengan humedad disponible. La falla de las raíces de las plantas para penetrar algunos horizontes de suelo puede deberse a deficiencia de humedad, nutrientes u oxígeno, o a condiciones físicas muy desfavorables.

Son pocos los horizontes del suelo que las raíces no puedan penetrar. Ordinariamente las raíces no pueden penetrar capas cementadas endurecidas, a menos de que se las quiebre; tampoco lo pueden hacer en "fragipanes" fuertemente desarrollados. Aunque las capas arcillosas son penetradas con dificultad por las raíces de muchas plantas, ellas no llegan a paralizar el desarrollo radicular. Las raíces que desarrollan en estas capas arcillosas siguen a menudo las resquebrajaduras y a menudo sufren aplanamiento por la presión que sobre ellas ejercen las caras de las fisuras. La penetración de las raíces en las capas arcillosas se ve complicada por deficiencias de nutrientes y por pH desfavorables.

Una gran proporción de las raíces de la mayoría de las plantas se encuentra en los horizontes superficiales. En la mayoría de los pastos, de 65 a 80 por ciento de las raíces viven en los 15 centímetros más superficiales de suelo y algunos tienen sistemas radiculares completamente superficiales, con sus raíces casi por completo en la parte superior del suelo. Se encuentran otros pastos que aunque tienen una gran proporción de su sistema radicular en la capa superficial, tiene raíces hasta profundidades de 1,80 a 2,50 metros y aún más profundas en algunos lugares. En general se puede decir que el número de raíces disminuye conforme se profundiza. (2)

Las raíces de muchos árboles forestales también se concentran en los horizontes superiores del suelo. Algunas raíces de los árboles penetran profundamente, pero conforme se profundiza, hay una disminución gradual del total del volumen radicular. La profundidad máxima a que llegan varía con las especies y con el suelo. Algunas especies, como por ejemplo el roble, pueden penetrar más profundamente en un suelo, que otras especies pueden encontrar impenetrable. En general, las coníferas tienen un porcentaje más alto de raíces en la superficie misma que los árboles de madera dura. En las regiones de suelos Podzol, en donde la capa Ao es gruesa, las raíces del abeto y el pinabete se concentran en su mayoría en esta capa y

(2) SHIVELY, S. B., and WEAVER, J. E., AMOUNT OF UNDERGROUND PLANT MATERIALS IN DIFFERENT GRASSLAND CLIMATES. Nebr. Conserv. Bul. 21, 68 pp. 1939.

en la capa inmediatamente debajo de ésta. En las regiones húmedo-frías se pueden encontrar estos árboles creciendo sobre roca dura cubierta de hojarasca.

Las raíces de las plantas tienen una relación importante con la estructura del suelo. Conforme mueren las raíces, estas dejan alimento para las bacterias y otros microorganismos del suelo que son importantes en el mantenimiento de la estructura granular. Desde luego que esto es valedero tanto para las raíces profundas como para las superficiales. Las raíces del roble, por ejemplo, pueden penetrar horizontes B muy pesados, aún en suelos en donde su crecimiento es pobre. Los efectos directos de las raíces más los debidos al ligero movimiento que tiene lugar cuando hay fuertes vientos, ayudan a mantener una estructura blocosa o una mezcla de estructuras blocosa y granular. Cuando se sustituyen plantas de raíces profundas por otras de sistema radicular superficial, el suelo puede perder su estructura y convertirse en masivo. Después de unos pocos años de comienzo de su labranza, estos suelos pueden gradualmente convertirse en suelos de drenaje imperfecto o pobre durante las estaciones lluviosas.

Cuando las condiciones son favorables, las raíces de algunas plantas penetran mucho más de lo que corrientemente se cree. Las raíces de los pastos penetran a profundidades de 1.80 a 2.50 metros o aún más. Aún plantas de maíz se han encontrado con raíces penetrando y utilizando humedad hasta a 1.50 metros y más. Las raíces de la alfalfa pueden penetrar a profundidades mayores y utilizar humedad a profundidades de 7.5 metros y más.

Animales en el suelo (3)

Puede que sea necesario tomar notas acerca de los insectos, gusanos y aún animales más grandes que se encuentren en el suelo y que tengan influencias importantes en la mezcla, cambio o movimiento de material edáfico. Los animales contribuyen mucho a la descomposición de los residuos vegetales. En algunos suelos las lombrices y los insectos son los principales responsables de la mezcla de material entre horizontes del suelo, digamos de Ao con A1, o A con B. Hay casos extremos en que se encuentran enormes nidos de comejen ocupando más de una cuarta parte del área superficial. Algunas veces los roedores causan mucha mezcla de suelo. Las colonias de perros de pradera, por ejemplo, aún llegan a causar la formación de un microrrelieve característico.

---

(3) Para varios ejemplos interesantes se puede consultar EFFECTS OF CERTAIN ANIMALS THAT LIVE IN SOILS, by JAMES THORP, Sci. Monthly 67:180-191. 1949.

EROSION ACELERADA DEL SUELO

Erosión signifca, en un sentido geológico amplio, el desgaste de la superficie terrestre por medio de las fuerzas del agua y el viento. Las Badlands de Dakota, el Gran Cañón del Río Colorado, las dunas del Desierto de Nubia, las llanuras de inundación y los deltas de los ríos son todos resultados conspicuos de tal erosión.

La erosión es tanto constructiva como destructiva. Por medio de la erosión y la deposición, se acumulan materiales originarios no consolidados. Tal vez una tercera parte de la población del mundo obtiene su alimento de suelos Aluviales y de suelos jóvenes que se están desarrollando sobre aluvión. Geológicamente hablando, la erosión es el principal agente responsable de los ciclos topográficamente naturales, conforme desgasta los puntos de elevación más altos y construye las llanuras aluviales en los valles. En estos valles se encuentran una gran parte de los suelos más productivos del mundo. En un área inundable es posible que la erosión abra drenajes de manera tal que facilite la salida del agua, haciendo de este modo aprovechable esas áreas. Especialmente en las regiones boscosas húmedas y bajo la vegetación natural, la erosión natural sirve para mantener un grado de juventud y fertilidad en muchos suelos, removiendo de la superficie los materiales lixiviados mientras que se agregan, desde abajo, nuevos materiales al perfil del suelo. En las pendientes fuertes, especialmente en donde los matriales rocosos son impermeables o la vegetación escasa, esta remoción es tan rápida que se forma poco suelo, proceso que no se detiene sino cuando la pendiente ha sido rebajada hasta el ángulo de reposo o por debajo de éste. En los suelos casi a nivel y en algunas pendientes, la erosión natural puede ser tan lenta que los materiales viejos lixiviados se acumulan en la superficie, se desarrollan capas duras o arcillosas y los suelos se vuelven improductivos y permanecen así.

En el paisaje natural la erosión natural puede ser un proceso gradual durante el cual siempre se mantiene una capa de suelo sobre la tierra o puede ser un proceso catastrófico. Al desarrollarse

un nuevo ciclo de erosión iniciado por un levantamiento, por cambios de clima, lluvias de cenizas volcánicas que matan la vegetación u otras causas, gran parte del sólum y algunas veces su totalidad, puede ser removido rápidamente. La reconstrucción y formación de un nuevo suelo se inicia, nuevamente, una vez que el paisaje se ha estabilizado. Se pueden encontrar suelos enterrados, característicos de un conjunto de procesos formadores de suelo diferente del responsable de los suelos actuales. A menudo sólo se encuentran pedazos remanentes truncados, los cuales dan una idea de una remoción catastrófica de un suelo viejo, anterior al suelo presente. Es así como algunos paisajes de suelos han tenido por un período de tiempo muy largo una erosión gradual significativa; otros han tenido períodos relativamente estables, con poca erosión natural, separados por períodos de erosión catastrófica.

En edafología aplicada y en agricultura en general, el término erosión se usa comúnmente en un sentido restringido. Los términos "erosión" y "erosión del suelo" se usan a menudo para significar erosión acelerada, o sea, aquella erosión que resulta como consecuencia de la perturbación del paisaje natural, usualmente producida por el hombre, en contraste con la erosión normal o natural que tiene lugar en paisajes naturales no disturbados. La erosión acelerada puede ser el resultado de una exposición del suelo al escurrimiento superficial, provocado por quemas, pastoreo excesivo, tala de bosques y cultivo, cualquiera de las cuales debilita o destruye la vegetación. El suelo expuesto puede erosionarse muy rápidamente si no se maneja de acuerdo con sus limitaciones y requerimientos.

En el trabajo de levantamiento de suelos, la distinción entre erosión natural y acelerada es importante. La erosión natural es un proceso importante en el desarrollo del suelo; sus efectos se reflejan en las unidades del sistema natural de clasificación. Por otro lado, la erosión acelerada trunca los perfiles formados bajo las condiciones del paisaje natural. Las diferencias significativas causadas en los suelos por la erosión acelerada se muestran en los mapas de suelos por medio de fases de erosión, que son subdivisiones de las unidades naturales del sistema de clasificación de suelos. Los criterios deben encontrarse en el suelo; éstos se seleccionan para indicar las diferencias de importancia al uso y manejo del suelo. La erosión acelerada puede también llegar a alterar los suelos a un grado tal que se haga necesario cambiar su clasificación. Un suelo Cecil franco arenoso puede cambiar a Cecil franco arcilloso, fase erosionada debido a la remoción de su horizonte A, de textura moderada. Cuando se le somete a aradura, se forma un nuevo suelo superficial (Ap) desarrollado parcialmente del horizonte B, rico en arcilla. Para evitar confusiones puede ser necesario separar, de un suelo franco arcilloso de esta naturaleza, un tipo franco arcilloso normal de la misma serie, si acaso existiere.

La erosión natural y la acelerada se encuentran combinadas en tal forma en algunos paisajes cultivados, que es difícil separarlas, especialmente en donde la erosión acelerada sólo es ligera. En áreas cultivadas por mucho tiempo, se forman escarpados especiales cortos y pendientes, llamados **taludes** (del francés antiguo), los cuales se han formado gradualmente en las márgenes inferiores de las pendientes, contra los setos o contra cercas de piedra. Como el talud se forma por la lenta acumulación de suelo lavado desde arriba, es lógico que la pendiente disminuya. Es poco posible considerar un talud como estrictamente hecho por el hombre, ya que las cercas de piedra o los setos usualmente fueron construidos como linderos, y la formación del talud ha sido únicamente incidental y en virtud de la erosión acelerada que ha tenido lugar más arriba de él. En áreas de suelos regularmente susceptibles a erosión, en donde los campos son pequeños, puede ser que la erosión esté razonablemente bien estabilizada con taludes que actúan como terrazas al reducir la pendiente y por lo tanto el escurrimiento y la erosión acelerada.

La erosión acelerada ocasionalmente puede cambiar un suelo de una serie a otra. Corrientemente las diferencias de estado original entre series de esta índole estaban confinadas a las partes superiores de su "sola". de modo que al sufrir truncaciones profundas desaparecen las diferencias. Por ejemplo, la Serie Monona difiere de la Ida en que tiene una superficie más gruesa y de color más oscuro, no calcárea y un horizonte B débil. Con una erosión acelerada y profunda que remueva tanto el horizonte A como el B y que mezcle los restantes horizontes, la serie Monona puede llegar a ser indistinguible de la Ida. En tales casos el suelo debe clasificarse con el nombre de la serie que se ajuste mejor a su descripción.

Cuando ha tenido lugar una erosión muy severa, el suelo puede llegar a quedar tan truncado que sus características diferenciadoras desaparecen. Tales áreas se clasifican y denominan de acuerdo con el tipo misceláneo de tierra que sea más apropiado, como por ejemplo, Tierra con cárcavas o Afloramiento rocoso y no como fases de un supuesto tipo de suelo original. Tierra escabrosa con sólo una delgada capa de suelo puede sufrir erosión acelerada y aún cuando los resultados son dramáticos en apariencia, la pérdida real de suelo puede haber sido pequeña y la productividad del suelo puede no haberse afectado, si es que ha cambiado en algo.

El edafólogo debe tener mucho cuidado tanto en no exagerar la erosión acelerada, como en omitirla donde ella sea significativa. Por ejemplo, son muchos los que han asumido que los suelos pendientes de la región Mediterránea fueron una vez profundos y de alta productividad, pero la realidad es que solamente una parte no determinada de ellos ha sufrido erosión severa; probablemente muchos de esos suelos han sido siempre rocosos, delgados y pedregosos.

Los procesos erosivos (1) pueden dividirse en dos clases, erosión hídrica y erosión eólica, según sea el agente. La erosión eólica es principalmente importante pero no exclusivamente, en las regiones subhúmedas, semiáridas y desérticas. El término "erosión eólica", aunque de uso tan corriente que muy difícilmente se le puede evitar, no es un buen término para expresar solamente remoción. "Remoción por el viento", se puede usar a menudo en forma apropiada y con menos oportunidad de confusión.

Erosión hídrica

La erosión hídrica resulta de las fuerzas del agua que fluyen y del desgaste que se origina cuando el escurrimiento superficial pasa sobre la superficies de un suelo en donde la vegetación no es adecuada para evitar el que se despeguen partículas del suelo. Una parte del proceso se debe al golpe de las gotas de lluvia, el cual despega las partículas del suelo de la masa y las deja en suspensión en el escurrimiento superficial. Además de esto, las partículas de suelo removidas y levantadas por las gotas de lluvia que baten un suelo en pendiente, no caen en el mismo sitio sino que se desplazan un poquito hacia abajo. Además el congelamiento empuja las partículas hacia abajo. Hay suelos que cuando se encuentran muy húmedos pueden moverse pendiente abajo sin necesidad de entrar en suspensión y aún a veces sin haber sufrido graves disturbios en sus horizontes superficiales. Las descripciones de deslizamientos, grietas de deslizamientos y cualquiera otra evidencia de movimientos del suelo, son esenciales para las descripciones de tipos y fases. También se incluyen pronósticos de su formación bajo varias alternativas de uso.

Se distinguen tres formas de erosión hídrica: laminar, en surcos y en cárcavas, según sea la profundidad relativa y la estabilidad de los canales cortados por el escurrimiento superficial.

Erosión laminar.—La erosión laminar es la remoción, más o menos uniforme, del suelo de un área, sin que se desarrollen canales conspícuos. Los canales son pequeños y tortuosos, muy numerosos e inestables, los cuales se alargan y enderezan conforme aumenta el volumen de escurrimiento superficial. La erosión de surcos de corta duración, que desaparece con las labores de cultivo, corrientemente se incluye junto con la erosión laminar para los efectos de la clasificación y cartografía de suelos.

Al observador no entrenado le es menos patente la erosión laminar que otros tipos, sobre todo durante los primeros estados, aunque en realidad es la más extendida. Aunque la evidencia varía entre los diversos tipos de suelos, la erosión laminar se puede reconocer por el adelgazamiento de las capas de suelo superficiales por la aparición de raspaduras de las cuales ha sido erodado todo el sue-

(1) Para abreviar la palabra "*erosión*" se usa para significar "*erosión hídrica acelerada*", en el resto de esta sección, a menos que se especifique lo contrario.

lo superficial, o por la mezcla del horizonte B en la capa arable y por la acumulación de materiales erosionados frescos al pié de las pendientes, a lo largo de los límites de los campos y de las vías de drenaje, así como en las partes más bajas de los campos.

La erosión laminar puede llegar a ser seria en suelos no protegidos, aún con pendientes de tan solo 1 ó 2 por ciento, como sucede en algunos suelos Rendzina o Planosoles muy granulares, con capas arcillosas casi impermeables. Lo corriente sin embargo, es que afecte en mayor grado a los suelos pendientes. Por otro lado, tenemos los casos de suelos Lateríticos bien desarrollados, cultivados y en pendientes de 25 hasta 50 por ciento, los cuales presentan poca erosión laminar.

Erosión en surcos.—La erosión en surcos se refiere a la remoción del suelo por el agua a través del corte de canales pequeños pero conspicuos o de riachuelos, los cuales constituyen concentraciones menores de escurrimiento superficial. Aunque la erosión en surcos es intermedia entre la erosión laminar y la de cárcavas, en la clasificación y cartografía de suelos se incluye junto con la laminar. Los canales formados son de poca profundidad y se borran fácilmente con el cultivo, aunque desde luego, el sólum va quedando gradualmente truncado o adelgazado por el proceso.

Erosión en cárcavas.—La erosión en cárcavas constituye la forma más conspicua de la erosión hídrica, convirtiendose a veces en dramática y pintoresca. El suelo es removido por la formación de canales o cárcavas relativamente grandes, cortados en el suelo por la concentración de escurrimiento superficial. Las cárcavas se desarrollan en vías de drenaje naturales expuestas, o en otras depresiones topográficas, en surcos de arado, caminos de animales, rutas de carros, bajo terrazas rotas y entre los surcos de cultivos en hileras trazadas en el sentido de la pendiente. Se diferencian las cárcavas de los surcos en que las primeras no se pueden borrar por medio del cultivo ordinario. Las cárcavas profundas pueden aún llegar a ser no atravesables por los tipos comunes de maquinaria agrícola, formando así barreras que subdividen los campos en unidades pequeñas, las cuales son frecuentemente demasiado pequeñas para poder ser cultivadas con eficiencia. Aunque las cárcavas son destructivas localmente y se pueden apreciar mejor a largas distancias y especialmente desde los aviones, ellas afectan una área total mucho menor de suelo arable y hacen menor daño en la mayoría de las fincas, que la erosión laminar y la de surcos.

Aunque la disposición de las cárcavas varía mucho en los diferentes tipos de suelo, las cárcavas individuales adoptan en general dos formas: (1) la más común tal vez es la forma de V, en la cual la cárcava va cortando el suelo a lo largo de sus cursos en forma más o menos uniforme. Esta forma de cárcava se desarrolla en suelos con materiales coherentes en todo perfil, como son por ejemplo las series Westmoreland, Wellston, Miami y Cincinnati. La profundidad

máxima de la cárcava la determina principalmente la profundidad a que se encuentre la roca firme u otro material relativamente no erosionable. En los suelos esqueléticos como los de las series Muskingum y los Porters, por ejemplo, las cárcavas son generalmente menos profundas que en los suelos zonales asociados (2). También son comunes las cárcavas en forma de U que se desarrollan en materiales relativamente poco coherentes, especialmente por socavación de substratos suaves en la cabecera de la cárcava. Las cárcavas socavadas o carvernosas en forma de U se originan cuando las aguas superficiales cortan a través del material coherente del suelo hasta llegar a materiales incoherentes del sustrato, muy fácilmente erosionables. Conforme el substrato se va socavando, el material que se encuentra encima cae en el canal de la cárcava en forma de grandes bloques que son fácilmente desintegrados y acarreados. Los suelos ubicados sobre depósitos gruesos de loess, arenas aluviales, granitos muy meteorizados (saprolita), o materiales incoherentes similares, están sujetos a este tipo de erosión. Como ejemplos se pueden citar algunos de los suelos de las series Cecil, Memphis, Ruston y Orangeburg. Algunas de las cárcavas de forma de U alcanzan tamaños tremendos, tales como las que se han desarrollado en suelos Ruston y Orangeburg, cerca de Lumpkin en el Condado de Stewart, Georgia, U. S. A.

La forma de distribución de las cárcavas a menudo resulta ser una característica distintiva de series de suelos. Como ejemplo se puede citar la distribución de las cárcavas en suelos Grenada (que son integrados entre Planosoles y suelos Podzólicos Pardo grisáceos, originados de Loess moderadamente profundo) : Las Cárcavas en sus primeros estados tienen forma de V; sino se les controla se ramifican y crecen lateralmente en forma rápida. A lo largo de sus lados y en contacto o cerca del contacto del fragipan a expensas del horizonte superior, se forman numerosas columnas o "espiras". Estas columnas eventualmente se desgastan y las cárcavas individuales emergen para formar un área suavemente erosionada, separada del suelo sin cárcavas que se encuentra arriba, por una especie de banco casi vertical que puede tener aún numerosas columnas a lo largo de su cara.

Deposiciones por el agua

La deposición de materiales erosionadas por el agua sobre los suelos es el resultado directo de la erosión hídrica de otros suelos. Los depósitos varían ampliamente en carácter y significación. Algunos depósitos de materiales tienen lugar en cualquier sitio en donde haya una reducción de la velocidad del agua: en la boca de las cárcavas, en la base de las pendientes, a lo largo de la orilla de los cursos de agua, en llanuras aluviales, en embalses a través de las corrientes y en las desembocaduras de los riachuelos. Las aguas de movimiento más rápido, cuando reducen su velocidad, depositan piedras, luego guijarros, grava, arena, y finalmente limo y arcilla. La

arcilla fina se sedimenta en aguas tranquilas. Las deposiciones de fragmentos gruesos o de arena sobre suelos productivos, los afecta en cuanto a su uso agrícola. Las deposiciones uniformes de materiales de texturas finas, ricos en nutrientes vegetales, son beneficiosas; ellas mantienen la alta fertilidad de muchos suelos Aluviales ubicados en vegas y deltas.

Erosión eólica

La erosión eólica, con muy pocas excepciones, no tiene importancia en las áreas húmedas, excepto localmente en suelos no protegidos y muy arenosos y en grandes áreas de suelos orgánicos drenados y cultivados. A pesar de lo anterior, es posible que en regiones de regular humedad y fuertes vientos, en la época seca y en lugares expuestos, el edafólogo se vea en la necesidad de tratar acerca de la erosión eólica, no simplemente como un factor en la clasificación y cartografía de suelos, sino especialmente como peligro potencial que debe describir en sus informes.

En las regiones de baja precipitación, sin embargo, la erosión eólica está muy diseminada y es seria en los suelos cultivados, especialmente durante el período seco. En contraste con la erosión hídrica, la erosión eólica es comúnmente mayor en suelos llanos que en los pendientes. El peligro se incrementa con la destrucción producida por el sobrepastoreo o por el cultivo limpio que expone al viento el suelo seco y suelto.

Durante los vientos fuertes, las partículas más finas que comúnmente son las más fértiles, son barridas y supendidas en el aire, siendo algunas veces transportadas a grandes ditancias en la forma de tempestades de polvo; mientras tanto las partículas más gruesas son puestas a rodar o son barridas sobre o muy cerca de la superficie del suelo, para ser apiladas en los canales, a lo largo de las cercas o detrás de los obstáculos que se interpongan en su movimiento. Una vez que una zona ha sido erosionada por el viento en forma severa durante un período de sequía, la arena puede moverse locamente hacia un lado y otro conforme cambien los vientos de dirección, mientras que el limo y la arcilla son transportadas lejos. Después de la severa sequía que tuvo lugar en la década del treinta, los suelos desnudos de la región sur-central de las Grandes Llanuras de los Estados Unidos, tenían capas superficiales de textura arenosa franca o franco arenosa fina, en contraste con la textura anterior a la sequía, que había sido franco arenosa o franca.

Los lugares barridos por el viento "blowouts" que son las manchas de donde ha sido barrido totalmente el suelo, pueden estar asociados en forma tan intrincada con manchas de deposición que las dos condiciones puede mostrarse únicamente por medio de complejos o por medio de símbolos. Comúnmente el viento barre el suelo superficial de unas zonas y lo deposita en otras.

Estimación de la erosión y cartografía de suelos erosionados

Patrones o normas, pueden establecerse como referencia para cada suelo, con el fin de estimar las pérdidas debidas a la erosión. Bajo condiciones naturales los horizontes individuales y el sólum de cada suelo tienen límites característicos de grosor. Estos valores deben determinarse con tanta exactitud como sea posible. Para que las normas sean guías útiles y confiables en cuanto a las pérdidas por erosión, deben tomarse varias precauciones.

En primer lugar, el cultivo causa grandes diferencias en el grosor del sólum de muchos suelos, en los cuales no ha habido erosión ni es posible que la haya. La parte superior de muchos suelos cubiertas con vegetación boscosa tienen un contenido muy alto de raíces, que puede llegar a ser hasta la mitad del volumen del suelo. Cuando estos materiales se descomponen, el volumen del suelo disminuye. Además los horizontes superficiales de muchos suelos cubiertos con vegetación boscosa tienen una densidad volumétrica baja, la cual aumenta con el cultivo. Ya anteriormente se ha dado énfasis a la importancia de medir los límites de los horizontes y profundidad del sólum desde la parte superior del horizonte, A1, lo cual resulta especialmente importante en el establecimiento de normas para clases de suelos erosionados. Los horizontes Ao y Aoo no deben tenerse en cuenta para estas normas.

La diferencia entre la profundidad del sólum bajo condiciones vírgenes y cultivadas del mismo tipo de suelo, pueden ilustrarse con un suelo Pardo Forestal Subártico. El horizonte Aoo puede tener en grosor de 10 a 12.5 cm. y el Ao de 7.5 a 10 cm. Los 25 cm. superficiales del sólum contienen raíces abundantes y tienen una densidad volumétrica excesivamente baja. Un examen superficial del suelo virgen puede indicar una profundidad total desde la superficie del horizonte Aoo hasta el substrato de la grava, de digamos 60 cm. A pesar de lo anterior, en donde el suelo se ha cultivado normalmente bajo buenas prácticas de manejo, sin erosión, la profundidad hasta el substrato de grava podría ser de cerca de 30 cm. Esta última cifra debe entonces ser el patrón con el cual se compararán las clases de erosión dentro del tipo de suelo.

Se pueden esperar cambios similares en Podzoles densamente boscosos y diferencias menores, pero significativas, se pueden encontrar en muchos suelos bajo bosque. La remoción de piedras hace que la superficie descienda. En otros suelos, desde luego, el cultivo puede no causar diferencias de profundidad en el sólum o causarlas solamente en muy pequeñas magnitud.

La profundidad del suelo superficial (Ap) no puede usarse como criterio porque conforme el suelo se erosiona, el arado va cortando progresivamente con más profundidad en el perfil y de este modo el espesor de la capa arable (Ap) se mantiene con un grosor relativamente uniforme. Tampoco se puede usar patrón en todos los suelos, el espesor del horizonte A, ya que no es igualmente significativo para todos los suelos arables. Entre los suelos de Pradera, por ejemplo,

el horizonte A1 tiene más de 30 cm. de espesor. En los suelos Pardo Podzólicos, el horizonte A en su totalidad —A1 más A2 juntos— no tiene comúnmente más de 5 cm. de espesor. El basar las clases de erosión en las diferencias de espesor del horizonte A en estos suelos conduciría a absurdos. Es por esto que no se puede usar ni el espesor de A1 ni el de A en forma generalizada para todos los suelos.

También es necesario que las comparaciones se hagan en pendientes similares. Cerca de los límites superiores de la variación de la pendiente de un tipo de suelo, y especialmente en las pendientes convexas, la profundidad del sólum es normalmente menor que cerca del límite inferior en pendientes cóncavas. Así, los patrones de espesor del sólum, para las varias clases de pendientes comprendidas dentro del margen de variación de un dado tipo de suelo, son ligeramente diferentes. Es erróneo denominar como clase erosionada aquella parte de un tipo de suelo que tiene pendientes C si las diferencias de espesor entre el suelo con pendiente C y con pendientes B, es característico del tipo de suelo.

En muchas áreas densamente pobladas no es posible encontrar ejemplos satisfactorios de áreas vírgenes de todos los suelos, especialmente de los más productivos. Aquí las normas se establecen por medio del examen de los suelos cultivados de los cuales se conozca la historia de manejo y que no se tengan evidencias significativas de erosión acelerada o de deposición.

Deben evitarse los lados de las carreteras, cementerios, lados de las cercas y pequeñas áreas similares no cultivadas. Muchos clasificadores han cometido serios errores al usar estas áreas para el establecimiento del espesor del suelo superficial, ya que en general han establecido estándares demasiado altos lo cual ha conducido a sobre-estimar la erosión en la totalidad del área. En áreas carentes de árboles por naturaleza o en donde estos se han talado, el polvo que vuela de los campos cultivados se deposita a lo largo de las cercas, caminos y otras áreas no cultivadas cubiertas con pastos u otras plantas estabilizantes. Este polvo es a menudo fino y productivo y en un tiempo relativamente corto engrosa en varios centímetros el horizonte A1.

Puede ser que el edafólogo tenga dificultad para distinguir entre erosión normal y erosión acelerada, especialmente en los suelos esqueléticos. En muchos paisajes naturales la presencia de profundas cárcavas y deslizamientos constituye rasgos normales. A pesar de esto, estas características pueden también aumentar y aún pueden ser iniciadas por sobrepastoreo, fuego o tala de los árboles. En el Africa del Norte y en la parte suroeste de los Estados Unidos, han tenido lugar cambios climáticos que han iniciado un nuevo ciclo de erosión por el debilitamiento de la vegetación en paisajes anteriormente bien estabilizados. Aún más, unos pocos años secos seguidos por fuertes lluvias, pueden causar deslizamientos anormales; luego, durante un período húmedo, el vigor vegetal se restablece y las heridas del deslizamiento sanan.

En muchas clases de suelo, incluyendo especialmente los suelos que se han desarrollado de materiales relativamente suaves como lodo endurecido (mud stone) o cenizas volcánicas en pendientes de moderados a fuertes, los deslizamientos son rasgos característicos aún en los paisajes no disturbados. Después de que se forman las cicatrices, éstas sanan por la reinvasión de la vegetación. Una inspección cuidadosa de muchos suelos en pendiente, puede descubrir que son simples masas restablecidas de deslizamientos y cicatrices. Para determinar la influencia de un pastoreo excesivo, por ejemplo, el observador debe diferenciar entre un aumento en la formación de cicatrices de deslizamientos en contraste con una disminución en la revegetación normal de tales cicatrices. En tales suelos los deslizamientos pueden ser causados primariamente debido a humedecimiento excesivo, tal vez ayudado por la congelación; y la erosión subsecuente de las cicatrices desprovistas de protección puede ser causada por el agua en movimiento y el viento. La descripción e interpretación apropiadas de tal condición requieren el establecimiento de condiciones típicas para cada clase de suelo, las cuales varían mucho, como bases para la estimación o pronóstico de diferencias relacionadas con el uso y manejo.

En una región sometida a levantamiento rápido, es inevitable la aceleración de la erosión natural, y el peligro de la formación de cárcavas en suelos arables aumenta. El edafólogo debe reconocer que áreas de suelo parecido tienen diferentes peligros de erosión, dependiendo si el ciclo local de erosión, en un sentido geomorfológico, está en su período inicial o está llegando a su fin. Aparentemente, por ejemplo, en el área del Pidemonte, situado en la parte sureste de los Estados Unidos, un nuevo período de erosión por cárcavas se iniciaba justamente antes de ser ocupada por los agricultores pioneros. De esta manera se sumó al proceso natural ya iniciado, el clareo realizado por el hombre para la siembra de cultivos en hileras. En este caso bien se podría decir que "el arma estaba cargada y que la deforestación sirvió para apretar el gatillo". Un caso de la misma naturaleza, menos dramático eso sí, lo constituye la Meseta Atherton en Queensland del Norte.

Con el manejo del suelo surge toda clase de complicaciones. La quema de las malezas en suelos pendientes, hecha para estimular el desarrollo de pastos, puede estimular también varias clases de erosión: laminar, de cárcavas o deslizamientos. Sin embargo, si los suelos son apropiados para pastos y necesitan solamente aplicaciones fuertes de fertilizantes fosfatados para mantener una cobertura vigorosa, el procedimiento de quema y fertilización, puede reducir realmente la erosión normal. Buena parte de la evidencia conflictiva acerca del efecto del fuego se debe a la falla de tomar en consideración la fertilidad natural o el manejo de los fertilizantes. Es así como en la misma clase de suelo, la quema del matorral más fertilización (y resiembra de los pastos si es necesario) puede ser una práctica excelente, mientras que la sola quema del matorral podría

ser una práctica ruinosa. Las aplicaciones de fertilizantes en tierras de pasto, pendientes, puede aumentar la velocidad con que los pastos invaden las cicatrices de deslizamiento.

En algunos suelos el incremento de la percolación del agua en el suelo, por medio de terrazas o por riego, puede aumentar los deslizamientos.

La rectificación del cauce de las quebradas en paisajes regularmente bien estabilizados, puede estimular la formación de cárcavas e inducir así un ciclo de erosión local de caracteres serios. Si a una quebrada que serpentea por una pendiente estable se le reduce en longitud por medio de rectificación del cauce, puede que busque una nueva pendiente empleando para ello la socavación. Si los materiales son suaves, la socavación avanza aguas arriba por los ramales de la quebrada, penetrando a veces hasta los campos.

Los pocos ejemplos citados en los párrafos previos ilustran la importancia de realizar, junto con los estudios de suelos, estudios geomorfológicos. Cada área de estudio presenta sus propios problemas. Para valorar las condiciones erosivas, para estimar los peligros de erosión acelerada y para sugerir usos apropiados del suelo en donde existen tales peligros, el edafólogo debe tener un cuadro claro del ciclo general de erosión, cómo es que cambia y cuáles son los factores que lo influencian. A este fin son útiles los mapas topográficos y los libros de texto. Tanto geólogos como geomorfólogos han hecho estudios especiales de algunas áreas, a pesar de lo cual, en muchas zonas de levantamiento, el jefe del estudio tendrá que hacer el trabajo de relación, él mismo. Debe esforzarse para distinguir con claridad entre la erosión natural y la erosión acelerada, y especialmente entre la erosión que no es práctica controlar y aquella que puede ser controlada.

Las diferencias en erosión y su significación pueden ser valoradas únicamente en relación con tipos individuales de suelos. En vista de que las condiciones edáficas debidas a la erosión son clasificadas y cartografiadas debido principalmente a su significación en relación al uso y manejo, ninguna clase o categoría de erosión puede tener los mismos límites cuantitativos en términos de centímetros o porcentaje de sólum o de horizonte A para todos los tipos de suelos. Un suelo Memphis franco limoso, por ejemplo, que es un suelo Podzólico Pardo Grisáceo profundo, permeable de alta capacidad para suplir humedad, es dañado mucho menos por la pérdida de una cantidad dada de suelo superficial, que uno de los planosólicos asociados con él, el Grenada franco limoso, el cual tiene un fragipan muy lentamente permeable a profundidades de 60 a 85 cm. Es muy raro que la cantidad de centímetros de suelos perdidos en un punto particular dentro de una área limitada sea una medida útil en relación con la pérdida total de suelo o de la significación que tal pérdida tiene con respecto al uso del área. Con esto se quiere decir que la

distribución de las condiciones de erosión en áreas de suelos cartografiables normalmente es compleja. En la clasificación y cartografía de las condiciones de erosión, la distribución es casi tan importante como la proporción estimada del suelo superior perdido. El clasificador debe recordar que todas las unidades cartográficas son áreas, no puntos. Es el área en su totalidad la que se clasifica y se muestra en el mapa. El grado de complejidad que se puede mostrar en áreas cartografiadas depende de irregularidad de la erosión y de la escala del mapa.

En suelos que tengan horizontes claramente definidos, las diferencias significativas debidas a erosión se determinan comparativamente con facilidad y exactitud por referencia a la forma de cultivo; y se pueden establecer buenas guías para cartografía de las clases o fases en términos de la disposición en que se presentan las exposiciones de los horizontes B y C y del número y tamaño de las cárcavas. Para suelos en los que no haya una diferenciación clara de los horizontes o en los que esta sea débil, es más difícil establecer y seguir guías. Los suelos esqueléticos derivados de lutitas, son un buen ejemplo al respecto: una vez que se ha erosionado el delgado suelo superficial, es muy poco lo que queda que pueda suministrar una pista para estimar la profundidad original y el grado de erosión. Como guías, el clasificador debe confiar en la cantidad relativa y en la condición física de los materiales originarios que se encuentran en la capa arable, en la apariencia de los fragmentos gruesos que se encuentren sobre la superficie, en el número y forma de las cárcavas y en evidencias similares.

La mayoría de los tipos de suelo, dentro de los cuales se necesitan establecer clases de acuerdo con las condiciones creadas por la erosión, para que puedan ser cartografiables, tienen horizontes distinguibles. En las estimaciones de erosión, debe considerarse el perfil completo. Es obvio que no se pueden clasificar áreas tomando como base lo que se ha ido. Los estándares y guías cartográficos deben basarse sobre las características pues pueden ser vistas. Dentro de muchos tipos de suelo,por ejemplo, puede establecerse que una clase particular de horizonte B está asociada con un horizonte A y un sólum de profundidad original promedio.

Las clases de erosión que se usen para cartografía deben mostrar las condiciones actuales y no deben confundirse con la susceptibilidad a erosión. Esta distinción es muy importante. Las diversas clases de suelo cartografiadas, pueden agruparse por medio de interpretación, de acuerdo con su susceptibilidad a erosionarse, lo cual es algo diferente. El tipo de suelo, incluyendo la clase de pendiente, es la unidad apropiada para indicar la susceptibilidad de erosión, excepto cuando se usan subdivisiones para aquellos casos en donde la erosión desarrollada ha cambiado el grado de susceptibilidad para una erosión subsecuente. Las clases de erosión tienen como fin indicar únicamente la erosión ya sucedida y de significación en cuanto

a prácticas de manejo y producción cuando se las compara con las prácticas de manejo y las producciones de suelos no erodados u otras clases de erosión. Al mismo tiempo, sin embargo, el determinar la susceptibilidad de erosión de cada suelo bajo usos alternativos y prácticos de manejo, sobre la base de la mejor evidencia disponible, incluyendo los resultados del trabajo experimental realizado en suelos similares situados fuera del área de estudio, es una responsabilidad básica del equipo técnico que realiza el levantamiento de suelos y debe ser tratada en detalle en el informe del levantamiento.

Al realizar el levantamiento y para evitar confundir las diferencias de erosión actual con los efectos de diferencias en manejo, se debe estudiar cada área de suelos. Dos áreas de suelo del mismo tipo, por ejemplo, pueden haber sido erosionadas hasta un grado comparable; sin embargo, una de ellas ha sido nivelada y sometida posteriormente a cultivo apropiado sin que haya continuado la erosión; tiene una capa arable (Ap) con buen contenido de materia orgánica. Mientras tanto la otra área similar tiene aún cárcavas, tal vez está abandonada y en la presente condición no es apropiada para cultivo, dando así la apariencia de haber perdido mucho más suelo que la primera.

Clases de erosión (*) y símbolos

Dado que las clases de erosión acelerada y las fases erosionadas se cartografían y se establecen principalmente debido a su importancia en cuanto al uso y manejo del suelo, ya que una cantidad dada de erosión tiene un significado diferente en tipos diferentes de suelos y en regiones distintas, las clases de erosión no se pueden definir en términos físicos precisos aplicables a todos los suelos. El número de clases de erosión que se deben reconocer, así como sus definiciones, dependen de los objetivos perseguidos por el levantamiento, la importancia que tenga la erosión bajo la agricultura presente, la escala del mapa y la cobertura vegetal dominante. Para un objetivo inmediato, del año siguiente por ejemplo, puede ser posible y útil cartografiar en gran detalle todas las condiciones resultantes de la erosión, mientras que en el mapa publicado deben mostrarse únicamente las condiciones más permanentes. Una condición resultante de erosión ligera puede existir por un período largo en áreas onduladas de muchos suelos, digamos por ejemplo, de suelos Memphis franco limoso; en cambio esta sería una condición pasajera en un suelo en pendiente, susceptible a la erosión, como por ejemplo un Decatur franco limoso, si se usa para cultivos de hileras. En áreas de pastoreo, la cobertura general de pasto reduce el detalle de las

(*) Aunque por brevedad se usa el término "clase de erosión", se hace desde luego referencia a clases de suelo erosionado, basadas sobre efectos de la erosión.

condiciones de erosión y afecta la exactitud con que se pueden cartografiar los suelos.

Al evaluar los efectos de la erosión en un tipo de suelo, como base para establecer los límites de una fase erosionada del tipo, el clasificador debe recordar que la erosión usualmente va acompañada de otros factores de agotamiento del suelo y que puede ser que la erosión sólo sea en parte responsable de las bajas producciones. En realidad, si se emplea el monocultivo, generalmente aunque no siempre, la baja fertilidad puede considerarse como una de las causas principales de erosión. Los agricultores que son incapaces o que no desean seguir los sistemas de manejo que prevengan la perjudicial erosión acelerada, generalmente fallan en seguir las demás prácticas necsarias para la obtención de una producción óptima sostenida.

Clases de erosión hídrica.—En los siguientes párrafos se definen las cuatro clases de erosión hídrica comúnmente usadas para distinguir suelos que la han sufrido en diversos grados.

Clase 1: (3) El suelo tiene pocos surcos o manchas con el horizonte A disminuido en espesor, lo cual evidencia una erosión acelerada que no llega a alterar mucho el espesor y carácter del horizonte A. Excepto en suelos que tienen horizontes A muy delgados (menos de 20 centímetros), el suelo superficial (4) (Ap) consiste totalmente de horizonte A a través de casi toda el área delineada. Hasta cerca del 25 por ciento del horizonte A original o de la capa arable original en aquellos suelos de horizonte A delgados, puede haber sido removida de la mayor parte del área (5). En la mayoría de los suelos, las áreas con esta clase de erosión no son significativamente diferentes en cuanto a capacidad de uso y requerimientos de manejo de los suelos no erosionados. En unos pocos suelos que tengan "sola" muy superficiales sobre una capa discordante, o en el caso de unos pocos que tengan un horizonte A delgado sobre una costra de arcilla (claypan) o costra dura (hardpan) puede ser que exista una diferencia significativa (fig. 46).

---

(3) En las leyendas de los levantamientos de suelos, en donde se usan muchos números y letras, estas clases se pueden distinguir, por ejemplo, con las letras m, n, p y q, en vez de hacerlo con los números 1, 2, 3 y 4.

(4) Como suelo superficial se entiende el que se mueve ordinariamente con el cultivo, o su equivalente en suelos no cultivados, de 12 a 20 centímetros de grosor.

(5) La numeración que aquí se usa, así como para las otras clases, es simplemente una sugerencia. Debido a las grandes variaciones de espesor que se encuentran en los horizontes A de los diversos suelos, así como a otras características influenciadas por la erosión, algunas veces deben usarse valores algo diferentes para definir las clases en forma apropiada. Las capas arables de suelos Podzólicos Pardos no erosionados, por ejemplo, consisten principalmente de horizonte B.



Fig. 46. — **Clase 1 de erosión. Se puede apreciar en forma obvia la erosión ligera aunque el suelo ha cambiado poco. Las plantas de algodón acaban de emerger.**

Clase 2: El suelo ha sido erosionado hasta un grado tal que los implementos ordinarios de cultivo atraviesan lo que queda del horizonte A, o bien alcanzan más abajo de la capa arable original en suelos con horizontes A delgados. Generalmente las capas arables están formadas por una mezcla de los horizontes A originales y los horizontes subyacentes inmediatos. Las áreas cartografiadas de suelos erosionados usualmente tienen manchas en las que las capas arables consisten totalmente de los horizontes A originales y otras manchas en las que consiste totalmente de horizontes subyacentes. Se pueden encontrar en esta clase, cárcavas poco profundas. Del 25 al 75 por ciento del horizonte A original o del suelo superficial puede haber sido perdido en la mayor parte del área (fig. 47).



Fig. 47. — **Erosión Clase 2 en un suelo Dunmore franco arcillo limoso, en el Condado Cocke, Tenn. El suelo superficial en las áreas claras está constituído principalmente del horizonte A original, mientras que las áreas oscuras están constituídas por una mezcla del horizonte A original y algo del B.**

Clase 3: El suelo ha sido erosionado hasta un punto en que todo o practicamente todo el horizonte A o el suelo superficial, ha sido removido. La capa arable consiste principalmente de materiales del horizonte B o de otros horizontes subyacentes. En las áreas cartografiadas bajo esta clase, pueden quedar incluídas manchas en las cuales la capa arable esté formada por un mezcla entre el horizonte A y B u otros horizontes subyacentes. En algunos tipos de suelos son comunes algunas cárcavas superficiales y aún algunas pocas profundas. En partes de esta clase ha sido removido más de un 75 por ciento del suelo superficial o la capa arable y comúnmente parte o todo del horizonte B u otros horizontes subyacentes. (Figs. 48 y 49.)



Fig. 48. — **Erosión Clase 3. Las cárcavas de la izquierda requieren el simbolo de cárcavas. Nótese como los surcos prominentes cavados por la escorrentia, son interrumpidos por las labores de cultivo. Conforme avance la erosión acelerada, éstos posiblemente crecerán hasta transformarse en cárcavas.**



Fig. 49. — **Erosión Clase 3. Esta fotografía presenta un área de suelo muy cercana al límite superior permitido dentro de la erosión Clase 3. Condado de Knox, Tenn., U.S.A.**

Clase 4: El terreno ha sido erosionado hasta un punto en que presenta una combinación intrincada de cárcavas profundas o de moderada profundidad. Los perfiles del suelo han sido destruídos casi totalmente, excepto en pequeñas zonas entre cárcavas. Tales terrenos bajo sus condiciones actuales, no son apropiados para cultivo. Mejorar estos suelos para llevarlos a una condición que permita la producción de cosechas, o al establecimiento de pastos mejorados, es difícil pero puede ser posible si las otras características edáficas son favorables y si la erosión puede controlarse (figs. 50 y 51).

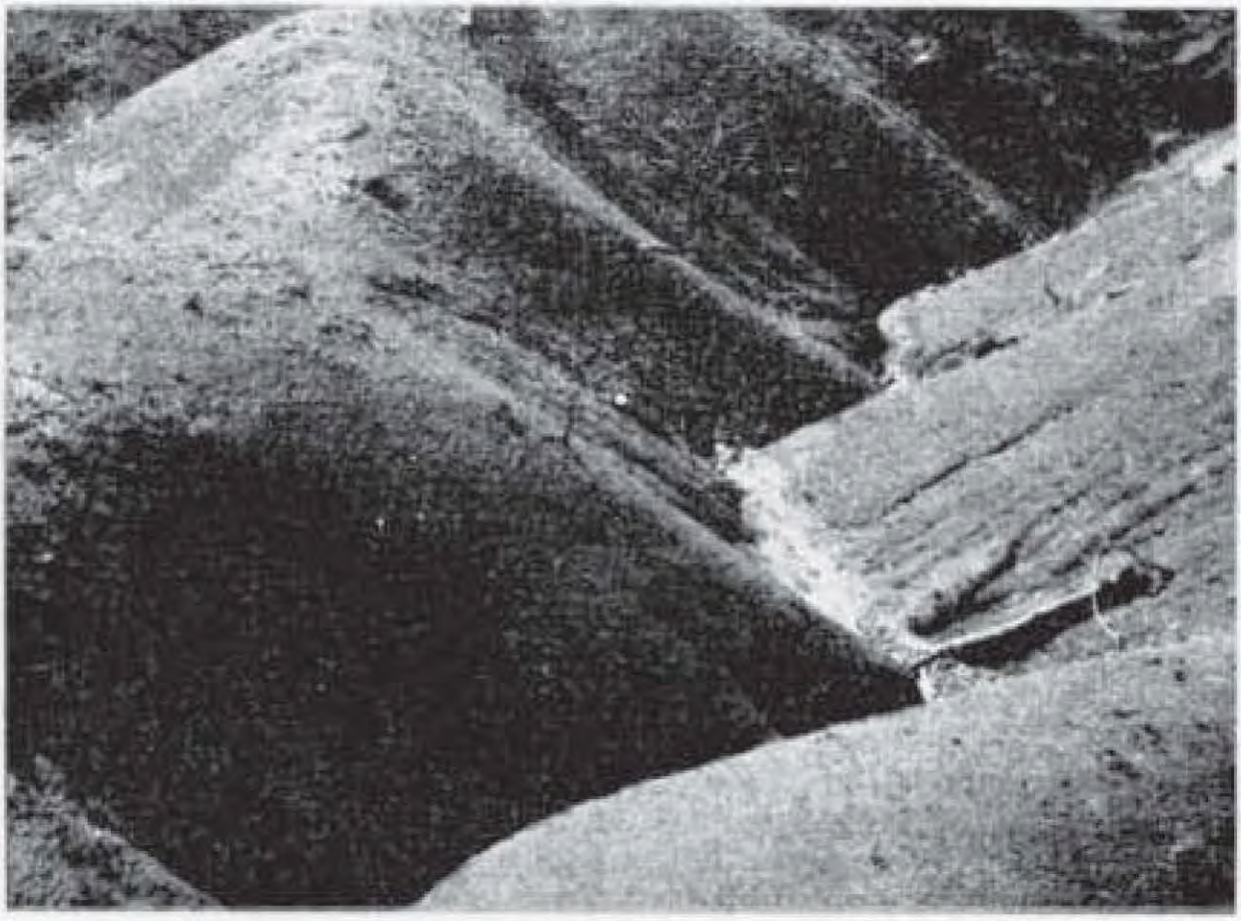


Fig. 50. — **Terreno con cárcavas. Esta fotografía ilustra las cárcavas en forma de V que se desarrollan en materiales firmes, relativamente ricos en arcilla.**



Fig. 51. — **Terreno con cárcavas. Esta fotografía ilustra las cárcavas en forma de U que se desarrollan en suelos bajo los cuales se hallan materiales sueltos.**

Las cuatro clases de erosión deben definirse específicamente e interpretarse para cada tipo de suelo. La importancia de un cambio en las características del suelo, depende del conjunto de ellas. En levantamientos detallados básicos, ordinarios, estas clases son suficientes; aunque se pueden presentar casos en que es necesaria la utilización de subdivisiones de una clase. Por otra parte, **no se deben usar clases individuales como base para el establecimiento de fases, a menos de que las diferencias sean significativas en cuanto a uso y manejo.**

En muchos casos se combinan dos clases en una sola fase. En la mayoría de los Regosoles y los suelos Esqueléticos, por ejemplo, las cuatro clases citadas anteriormente no funcionan bien cuando se trata de definir las fases de erosión por agua. La erosión laminar tiene poca o ninguna significación y es imposible de medir, aún en forma aproximada, en los Regosoles muy arenosos. Son por lo tanto, muy raras las ocasiones en que es práctico cartografiar fases erosionadas de Regosoles de esta clase, aunque los terrenos con cárcavas pueden definirse y cartografiarse con la clase 4, mientras que las cárcavas que se encuentren diseminadas pueden indicarse por medio de símbolos. Para Regosoles de textura más pesada, así como para muchos, tal vez la mayor parte de los suelos Esqueléticos, generalmente, es adecuada una fase erosionada, ya que la falta de horizonte B bien definidos hace impráctico tratar de distinguir entre las clases de erosión 2 y 3. En estos suelos la fase erosionada incluye aquellos en los que la mayor parte del horizonte A ha sido perdido y las cuales tienen una capa arable que consiste principalmente o enteramente de materiales procedentes de horizontes subyacentes.

Con estas modificaciones y cualesquiera más que sean necesarias, las clases de erosión se usan como base para fases erosionadas. Para la mayoría de los suelos en donde es significativa la erosión hídrica acelerada y en donde es necesario distinguir las cuatro clases, los nombres de las fases de las tres primeras clases son los siguientes:

Clase 1—Fase ligeramente erosionada (6).

Clase 2—Fase moderadamente erosionada (7).

Clase 3—Fase severamente erosionada.

La erosión Clase 4 normalmente no se reconoce como fase de un tipo o serie de suelo, sino como un tipo misceláneo de tierra. Tierra con cárcavas; y cuando se presenta en colinas, se la reconoce

---

(6) Se puede omitir del nombre la palabra "fase", excepto en donde ella sea útil para claridad.

(7) Usualmente se puede omitir la palabra "moderadamente".

como Tierra abrupta con cárcava. Si tiene importancia para el uso, el nombre del suelo o del material rocoso, se añade al nombre; pero colocándolo entre paréntesis, como por ejemplo: tierra con cárcavas (material calcáreo) o tierra con cárcavas (material edáfico Ruston).

Los símbolos individuales de erosión se usan para indicar las áreas de suelos erosionados que resultan muy pequeñas para incluirlas en los mapas a la escala usada, pero que son significativas en cuanto al uso del suelo. También se usan los símbolos para mostrar fases erosionadas de suelos de extensión total tan pequeña que no merezcan establecer para ellas en la leyenda nombres de fases erodadas. Cada símbolo debe colocarse en tal forma que muestre de manera precisa la localización de la mancha erosionada. Cada uno se define en forma que representa una extensión específica, la cual depende de la escala del mapa usado y de los objetivos del levantamiento. En un levantamiento de suelos detallado, con mapa a escala 1: 24.000 por ejemplo, cada símbolo representa ordinariamente una extensión de 0.5 a 1.0 hectárea.

A continuación se dan las definiciones de los símbolos usados para indicar erosión hídrica acelerada (Láminas 6 y 7):

El símbolo S indica erosión laminar (una o más clases de erosión) significativamente mayor que el promedio para la unidad de que se trate. Por ejemplo, en un área cartografiada como Fullerton franco limoso fase colinosa, el símbolo S indica que se incluye una erosión moderada.

El símbolo SS indica erosión laminar mayor en más de una clase de erosión que el promedio para la unidad de que se trata. De esta manera el símbolo SS usado en una área cartografiada como Fullerton franco limoso, fase colinosa, o Fullerton franco limoso, fase ligeramente erosionada, indica que se incluye una erosión severa.

El símbolo G indica la inclusión de una área con cárcavas moderadas. Las cárcavas son relativamente poco profundas y en la mayoría de los suelos pueden ser borradas con implementos pesados de labranza.

El símbolo GG indica la inclusión de un área severamente erosionada por cárcavas, que es sin embargo muy pequeña para separarse como Tierra con cárcavas.

El símbolo SG indica la inclusión de un área en donde se combinan erosión laminar y erosión por cárcavas afectadas en forma significativamente mayor que el promedio de la unidad de que se trata.

Para cárcavas individuales de longitud suficiente que permita mostrarlas a escala, se usa como símbolo una línea roja ondulada, siempre que el área en que se encuentren no esté incluída como Tierra con cárcavas. Cuando la cárcava no se puede cruzar con maqui-

naria, se traza la línea sólida y cuando se puede cruzar, se traza una línea interrumpida. En mapas detallados de suelos en donde se use una escala de 1: 24.000, pueden mostrarse aquellas cárcavas individuales que tengan más de 100 metros de largo.

Depósitos dejados por el agua.—Asociados con la erosión hídrica acelerada se encuentran depósitos recientes de aluvión local y general, dejados sobre otros suelos. Algunas de estas áreas deben clasificarse, apropiadamente, como tipos de suelos, otras como tipos misceláneos de tierra y unas pocas, como fases de tipos de suelos. Como guía general se puede establecer que las fases de depósito pueden reconocerse en áreas en donde la superficie original del suelo ha sido alterada significativamente pero no tanto como para reconocer una serie diferente de suelo.

Clases de erosión eólica.—A continuación se dan las definiciones de las tres clases comúnmente usadas para distinguir suelos erosionados que han sufrido diversos grados de erosión eólica:

Clase 1: El viento ha removido del suelo una porción suficiente del horizonte A como para que durante las operaciones de cultivo se saque y mezcle con el suelo superficial en la capa arable el horizonte B u otros horizontes subyacentes. Sin embargo, son muy raros los casos en que esta condición es uniforme a través de toda un área cartografiable. Usualmente la capa arable está formada en algunas partes principalmente por el horizonte A original, mientras que en otras éste ha sido removido. Generalmente ha sido removido entre el 25 y el 75 por ciento del horizonte A original (o del suelo superficial en suelos con horizontes A de poco espesor).

Clase 2: El viento ha removido todo el horizonte A y parte del horizonte B u otro horizonte inferior. La capa arable está formada principalmente por los horizontes subyacentes al horizonte A original (o por capas inferiores a la capa arable en suelos con horizontes A de poco espesor), aunque dentro del área se pueden encontrar algunas manchas en donde ha quedado buena parte del horizonte A original. En el área se pueden encontrar manchas totalmente denudadas por el viento (blow-out).

Clase 3: (Tierras barridas por el viento ("Blow out land"). El viento ha removido la mayor parte del perfil del suelo y la tierra se clasifica entonces como una clase miscelánea. No es posible usar estas áreas con fines agrícolas sino por medio de una recuperación extensiva. Las depresiones totalmente barridas por el viento son numerosas y se profundizan hasta el sub-suelo y aún hasta el material parental. Las áreas que se encuentran entre estas depresiones han sido profundamente cubiertas por material procedente de los "blow-outs".

Además de las clases anteriores, que se usan para indicar remoción, se usan dos clases para definir áreas en las cuales el viento ha depositado cantidades significativas de material:

Clase 1ª: (Overblown) Depósitos recientes de material transportados por el viento cubren el suelo en capas de un espesor suficiente para alterar sus características significativas hasta 60 centímetros. Cuando se usa esta clase como una fase, el tipo de suelo toma su designación textural de la nueva capa superficial. Por ejemplo, el suelo Baca franco arenoso fino, base cubierta por material eólico, está formado por un suelo Baca con una acumulación superficial de material franco arenoso fino despositado por el viento, de un grosor inferior a 60 centímetros. Cuando los mantos son de mayor profundidad, usualmente aunque no siempre, requieren una diferenciación al nivel de series.

Clase 2ª: (Montículos eólicos — "Wind hummocky") son depósitos recientes de material edáfico dispuestos en forma de montículos o duna bajas. El relieve en esta clase está menos denudado que en las Tierras desnudas. El material del suelo ha sido transportado únicamente en forma local, en contraste con lo que sucede en las clases 1 y 2 de erosión eólica en las cuales una parte considerable del material del suelo ha sido barrida de las áreas cartografiadas.

Tal y como las clases de erosión hídrica, las clases anteriores sirven como guías generales para fases de tipos o series de suelos. Cada una debe ser definida e interpretada de acuerdo con su significación local. En muchos casos, estas clases se convierten en fases, que reciben las denominaciones siguiente:

Clase 1:	Fase erosionada por el viento	clase: 1ª	Fase de depósito eólicos
Clase 2:	Fase severamente erosionada por el viento	clase: 2ª	Fase de montículos eólicos

En la Clase 3 el viento ha removido tal cantidad de suelo que las áreas de esta clase se incluyen más bien en el tipo de tierras misceláneas: Tierras barridas por el viento (Blown-out land).

Cuando las áreas son muy pequeñas para ser separadas en el mapa con fases, se usan símbolos estándar. Cada símbolo debe recibir una definición específica en términos del área que representa (ver las láminas 6 y 7).

Otras clases de erosión. Aunque las clases que hasta aquí se han presentado son suficientes para la mayoría de los suelos erosionados, puede ser que se necesiten clases especiales para definiciones de series de suelos y aún de fases erosionadas. Estas otras clases incluyen deslizamientos y combinaciones de deslizamientos con ero-

sión hídrica, erosión eólica, o ambas. Este problema de definir tales clases para clasificación y mapeo detallado de suelos no ha sido estudiado suficientemente para sugerir definiciones; sin embargo surgirá seguramente en regiones de Tundra con pastos o en cualquiera otra parte en donde se hagan levantamientos de suelos detallados.

Evaluación de los efectos causados por la erosión. Al edafólogo no le corresponde simplemente mostrar en el mapa y establecer en su informe qué áreas están erosionadas y en qué extensión. La erosión por sí misma y sin relacionarla con el suelo tiene poco o ningún significado. Las toneladas o los centímetros de suelo erosiona tiene poca significación en términos de la productividad del suelo. La erosión de un suelo de poca profundidad y sobre roca, que de otra manera sería productivo, por ejemplo reduce seriamente su productividad y su capacidad de uso; mientras tanto, ciertos suelos profundos pueden estar altamente erosionados sin que los efectos en la producción lleguen a ser serios si la erosión se somete a control y no se llegan a formar cárcavas. Muchos suelos erosionados, antes de serlos eran ya muy pobres para cultivo o para pastos. La erosión de tales suelos no reduce grandemente su capacidad de uso, aunque por otro lado los productos provenientes de tal erosión pueden contribuir a la deposición de limo en los arroyos y el aumento del escurrimiento superficial puede significar peligro de inundaciones locales.

La erosión acelerada ha bajado la productividad de una gran cantidad de suelos. El efecto no es necesariamente permanente y aquí de nuevo, debemos decir que el mejoramiento de suelos erosionados, como el de los no erosionados, depende del tipo de suelo. El manejo mejorado no solamente restablece en muchos casos la productividad sino que a menudo la eleva sobre el nivel que tuvieron cuando se les aró por primera vez. Esto está sucediendo con muchos suelos en los Estados Unidos así como en todas partes.

No se puede aceptar que la erosión, aún la de apariencia dramática, haya destruído el suelo en cuanto a su capacidad de producción de cultivos, a menos de que se haya establecido que el suelo era apropiado para cultivo antes de ser erosionado. Puede ser que originalmente fuera apropiado únicamente para bosque, y puede que aún lo sea, si se le maneja en forma apropiada, después de haber sido erosionado. La erosión es síntoma de un uso defectuoso del suelo. Algunos han reconocido el síntoma y han abandonado un sistema agrícola de empobrecimiento del suelo, como por ejemplo de cultivos escardados año tras año, y han cambiado en favor de un sistema de producción sostenida mezclando agricultura y ganadería. Ya que la erosión es un producto del uso defectuoso del suelo, generalmente viene acompañada de otros factores de empobrecimiento del suelo que reducen la productividad. Las producciones se vienen abajo aún en los suelos no erosionados sino se les maneja adecuadamente.

En los levantamientos de suelos es esencial el desarrollo de tablas de pronósticos de producción para los cultivos adaptables bajo diferentes alternativas de sistemas de manejo físicamente definidos. Además, deben pronosticarse los efectos de estos sistemas sobre la productividad a largo plazo a cada suelo, Esto es muy importante, especialmente para suelos sujetos a erosión.

El jefe del levantamiento de suelos debe, por medio de estudio directos en las fincas de la zona y con la cooperación de otros agrónomos, descubrir y explicar en su informe, los sistemas agrícolas u otros usos bajo los cuales se evite la erosión acelerada. Generalmente es de importancia fundamental el sistema básico de manejo del suelo: preparación del suelo, rotación de cultivos, encalamiento y fertilización; de efecto suplementario y en donde estas prácticas han sido adaptadas son: cultivo en fajas, cultivo al contorno, uso de terrazas y pequeñas represas, así como otras prácticas de control directo del escurrimiento superficial y la erosión. La erosión del suelo se trata en forma más efectiva cuando se la considera junto con todos los demás factores edáficos y las prácticas de manejo. La forma más inefectiva de tratarla es cuando se le considera en forma aislada o cuando se la descuida.

Peligro de erosión

Comúnmente es útil agrupar los suelos de acuerdo con su susceptibilidad a la erosión o su peligro de erosión bajo conjuntos definidos de prácticas. Tal agrupación se efectúa en los informes de los levantamientos de suelos en tablas en las cuales se establece junto con las características principales y las cualidades deducidas de los suelos. Dependiendo de la información disponible y del detalle significativo, los suelos pueden agruparse, de acuerdo con el peligro de erosión, en tres clases: 1º) de ninguna a ligera, 2º) moderada y 3º) grande; o en cinco clases: 1º) ninguna, 2º) ligera, 3º) moderada, 4º) grande y 5º) muy grande.

Las agrupaciones significativas de suelos de acuerdo con el peligro de erosión deben ser acompañadas por descripciones de los conjuntos de prácticas de manejo y sistemas de cultivo adaptados a ellos.

VEGETACION

En las descripciones de suelos debe anotarse, siempre que sea posible, la vegetación natural (1). Las correlaciones entre la vegetación y los tipos de suelo u otras unidades de clasificación, tienen tres importantes propósitos: 1º) Para comprender la génesis del suelo, ya que la vegetación es uno de los factores dinámicos más importantes en la formación del suelo; 2º) como ayuda en el reconocimiento de los linderos entre suelos; y 3º) para predecir a partir de los mapas de suelos, acerca de la clase y crecimiento de la vegetación natural.

. Asociaciones de plantas nativas

En todo lugar que se hagan exámenes de suelo, debe hacerse una lista separada, en el orden aproximado de su importancia, de las especies dominantes y asociadas (2). En áreas boscosas, a menudo es necesario tratar separadamente 1º) los árboles forestales, 2º) la formación intermedia de árboles pequeños y arbusto y 3º) la cubierta del suelo formada por arbustos bajos, plantas herbáceas, musgos, etc. En muchos suelos hay arbustos o árboles de poca altura, los cuales deben ponerse en lista separada de las de pastos y otros tipos de cobertura. Cuando se describen los árboles forestales, debe darse una idea de la densidad, como: poca, media o densa. En cuanto a diámetro, este debe darse en centímetros, tal como "15 a 30 cen-

(1) El término vegetación "natural" se usa para plantas silvestres en contraste con vegetación "cultivada" que se usa para granos, pastos y árboles cultivados. El término vegetación natural es un término amplio, usado para las asociaciones de plantas silvestres, y es necesario usar palabras específicas para diferenciar la "vegetación natural originaria" de las sucesiones que han seguido los cambios geológicos mayores, al fuego, al cultivo y abandono posterior, al corte de madera en los bosques o al pastoreo excesivo. Algunos usan el término "vegetación nativa" en el mismo sentido, mientras que otros limitan el uso de este término a las especies indígenas.

(2) Se debe dar énfasis únicamente a las especies importantes. Existen algunos técnicos que tienden a ir más lejos de lo necesario en los estudios del suelo, poniendo en lista tanto los nombres de las plantas comunes como los de las raras.

tímetros dap" (diámetro a la altura del pecho), o "álamo temblón de 8 a 15 centímetros dap con árboles ocasionales de Pino de Noruega de 60 a 90 centímetros dap".

Al abstraer descripciones separadas de entre las generales para el tipo, serie, o cualquiera otra unidad de suelos, debe usarse el nombre apropiado de la asociación vegetal general, como: gramíneas de sabanas, pastos de pradera, arbustos desérticos, bosques pluvial tropical, etc., junto con las especies más importantes que se encuentren en mayor número. Estas descripciones deben incluir también, cuando sea apropiado y útil, las descripciones de asociaciones contrastantes de sucesiones relacionadas con la explotación maderera, el fuego, abandono, etc.

Los nombres comunes de las plantas pueden usarse cuando son claros y específicos. Sin embargo, muchos nombres comunes cambian de lugar a lugar y a veces hasta se usan para especies diferentes en la misma región. En las zonas de estudio en donde las plantas nativas son importantes en cuanto al uso e interpretación del mapa de suelos, deben incluirse aquellas que se mencionan en el Informe del Levantamiento de Suelos, dando tanto el nombre común como el científico. Las identificaciones deben ser revisadas por botánicos competentes, ya sea directamente en el campo o por medio de muestras.

Cuando el levantamiento incluye áreas forestales o de pastoreo importantes, el jefe del estudio y sus asistentes deben aprenderse tanto los nombres comunes como los científicos de las especies vegeles principales, así como los medios de identificarles. En el centro de operaciones en el campo, pueden tenerse colecciones temporales de pastos, plantas pequeñas y hojas de árboles y arbustos. El material puede guardarse entre las hojas de revistas grandes, escribiendo sus nombres respectivos en el margen de las páginas adyacentes.

Relación con los suelos

En los informes de los levantamientos de suelos así como en otros informes referentes a investigación de suelos, deben describirse las características de crecimiento de las plantas nativas importantes y su uso, relacionándolos con las unidades individuales de suelo y su manejo. Son también importantes los datos acerca del crecimiento estacional, proporción y volumen de crecimiento, así como la palatabilidad de las varias especies utilizadas por los animales en su alimentación. Para hacer estas estimaciones para tipo de suelo, o para grupos de suelos similares son muy útiles los resultados obtenidos en lotes experimentales, así como la experiencia de los hacendados. Se debe dar énfasis especial a las clases y cantidades de plantas venenosas, las cuales deben describirse en el informe del levantamiento de suelos o debe darse referencia de los boletines en

donde se encuentren sus descripciones. Debe explicarse también la invasión presente o potencial de los suelos usados para pastoreo por las malas hierbas.

Generalmente existe una estrecha relación entre la vegetación natural y los tipos de suelo. Sin embargo, hay excepciones importantes, especialmente entre los suelos azonales e intrazonales. Es más, esta relación entre la vegetación y el suelo se complica y confunde debido a diferencias en corte de madera, en pastoreo, fuego y manejo. **No se puede hacer un buen mapa de suelos a partir del solo estudio de la vegetación; no se puede tampoco tomarla como base** principal. Son muchos los que se sienten tentados a hacer mapa de suelos por medio de la vegetación, principalmente porque ésta es más fácil de observar que el suelo, sobre todo en aquellos lugares en donde se hace difícil abrir huecos. Por medio de un cuidadoso estudio de suelo y vegetación, se han establecido excelentes correlaciones entre las asociaciones de vegetación natural y los tipos de suelos; en ellas las desviaciones debidas a causas especiales de interferencia como fuego o pastoreo excesivo se explican de manera satisfactoria. Sin embargo, cuando estas correlaciones se han hecho extensivas a otras áreas y se han tomado como base para hacer mapas de suelos sin examinarlos a cabalidad, se ha llegado a resultados casi sin valor.

Cerca del límite entre dos asociaciones vegetales, un factor del medio que aparentemente no tiene importancia, puede lanzar la asociación hacia uno u otro lado. Como ejemplos se pueden citar las diferencias de exposición, viento, fuegos naturales y humedad. Las diferencias pequeñas en suelo o en los materiales edáficos muy raramente son responsables de diferencias importantes en la cobertura vegetal original.

Lo más importante de todo, es que las condiciones edáficas naturales bajo la cual se desarrollan las plantas nativas, son a menudo enormemente diferentes de aquellas en donde el agricultor desarrolla sus cultivos. Hay por ejemplo, características del suelo que son de gran importancia cuando se le somete a riego, y que pueden reflejarse muy poco en las plantas nativas del desierto o en los pastos de zonas semiáridas cuando se encuentran bajo condiciones de lluvia natural. En la clasificación de los suelos y en el desarrollo de los pronósticos que acompañan las unidades edáficas se deben tener en cuenta las características en cuanto afectan la **respuesta al manejo** y a la vegetación bajo condiciones naturales. Es más, los cultivos tienen requerimientos de nutrientes diferentes, y en general mayores, que las plantas silvestres.

La vegetación natural, así como las otras características que se pueden apreciar en las fotografías aéreas, puede ser una gran ayuda para el edafólogo y el cartógrafo de suelos. Sin embargo, el uso de cualquiera de estas características sin un examen completo del perfil del suelo hasta su profundidad completa, le conducirán certera-

mente a uno de los mayores fracasos que puede tener un edafólogo, a un mapa que no permite hacer estimaciones, es decir, que carece de información necesaria para poder hacerlos.

La secuencia de la vegetación

Cuando el edafólogo realiza un examen de suelo, puede describir únicamente lo que él puede ver acerca de la influencia actual del ciclo orgánico sobre el punto particular en donde está. Sin embargo, por medio del estudio de numerosos puntos de la misma clase de suelo, bajo coberturas vegetales diversas, puede desarrollar principios importantes y útiles acerca de la sucesión vegetal de cada tipo de suelo. Estos estudios son importantes ya que permiten estimar el ritmo y dirección de los procesos formadores del suelo. Su valor predictivo puede ser altamente significativo, como por ejemplo, en zonas en donde la remoción del bosque conduce a una aceleración de la gleización en los tipos de suelo de drenaje impedido, los cuales de otro modo, serían buenas tierras arables.

Estos estudios pueden facilitarse grandemente si se tiene la cooperación de ecólogos forestales y de praderas, aunque el edafólogo puede desarrollar por sí mismo, los principios fundamentales si conoce la historia del uso de la tierra de los sitios que examine. A menudo es muy importante tener la capacidad para pronosticar, por ejemplo, cuáles son los árboles que vendrán después del corte, cuáles después de corte y fuego y a su vez cuáles seguirán a estos hasta llegar al bosque clímax. Principios similares son importantes en las áreas de pastoreo.

USO DE LA TIERRA

La disposición del uso de la tierra debe anotarse junto con cada examen y descripción de suelo que se haga. Sin embargo, estas notas no son adecuadas para el desarrollo de un conjunto de pronósticos para manejo y producción. Los estudios adicionales necesarios se explican en la sección sobre Pronósticos de Producción y Prácticas de Manejo de Suelos. En esta sección trataremos muy brevemente acerca de las observaciones que se deben hacer mientras se hacen las observaciones de los suelos en el campo durante su cartografía.

Conforme se efectúa la cartografía de los suelos, se deben anotar las clases de cultivos y las prácticas de manejo de las diferentes unidades catográficas, además de las observaciones que se hacen en los lugares en donde se han hecho exámenes de perfiles. Son muchas las observaciones que se necesitan para describir el uso y manejo de cada una de las unidades cartográficas. A continuación se consideran los puntos más importantes: (1) Tipo común de bosque y manejo corriente de partes boscosas de la unidad: (2) Uso de los pastos y potreros; (3) Cultivos principales —clase, variedades y rotaciones; (4) drenaje; (5) Riego; (6) Cultivo al contorno y cultivo en franjas; (7) Terrazas; (8) Prácticas de labranza; (9) Uso de cal y (10) Uso de fertilizantes. Además deben hacerse estimaciones aproximadas de la proporción de los varios usos dentro de cada unidad.

La producción de los cultivos y la capacidad de pastoreo de los pastos pueden estimarse por medio del estudio de lotes medidos o de campos. Muchos datos de utilidad se pueden obtener en conversaciones con agricultores de confianza. Estos datos pueden abarcar: producción y resultados obtenidos con la aplicación de terrazas, encalado, fertilización y otras prácticas de manejo. Los datos así obtenidos, sin embargo, están sujetos a errores de memoria y de registros equivocados.

El examen detallado de los registros de contabilidad y sistemas agrícolas se hace mejor cuando se realiza independientemente del estudio de los perfiles y de la cartografía de los suelos. A pesar de es-

to, un observador cuidadoso puede captar, mientras que camina por los campos y realiza la cartografía de los suelos, lo esencial en cuanto a distribución del uso de la tierra.

Cartografía del uso de la tierra ...

En ciertos levantamientos de suelos pueden existir razones especiales que requieran la cartografía del uso presente de la tierra mientras se realiza el levantamiento de los suelos. El uso actual de la tierra debe cartografiarse sólo cuando se hace indispensable, debido a que se observa que los costos van aumentando desproporcionadamente en relación con los beneficios. Tales mapas no son definitivos. En ellos los límites entre diferentes usos se confunden generalmente con las líneas más importantes que delimitan los suelos. Esto sucede sobre todo cuando se realiza el levantamiento de los suelos y el del uso de la tierra sobre las mismas hojas de campo, ya que algunas veces las líneas coinciden, pero otras no. Cuando tanto los límites de un estudio como los del otro aparecen en los mismos mapas del campo, el costo del arreglo cartográfico puede aumentar verticalmente. Es oportuno recordar, además, que el edafólogo únicamente puede tener presente y recordar con exactitud una cantidad limitada de aspectos al hacer el mapa. Al aumentar en forma extrema el número de cosas que debe recordar, a menudo reduce la exactitud de todo el trabajo. Dado que las clases más amplias de usos de la tierra pueden obtenerse en forma aproximada a partir de las fotografías aéreas, la cartografía del uso de la tierra a menudo agrega poco valor al levantamiento básico de suelos.

Para desarrollo de pronósticos sobre la capacidad de uso de la tierra y dependiendo de información adicional disponible, mapas de uso de la tierra de áreas representativas divididas en sub-clases de tierras de cultivo, según los cultivos de tierras de pastoreo, según las especies forrajeras, y de tierras de bosque según el tipo, densidad y tamaño. Por medio de la selección de áreas muestras representativas las extensiones relativas de los cultivos pueden relacionarse cuantitativamente con los tipos individuales de suelos. Si se desea obtener la mayor utilidad de estos datos, debe también tenerse noción de la intensidad de manejo.

En donde sea necesario, el levantamiento del uso de la tierra, es casi siempre mejor hacerlo en un mapa separado, para evitar confusión con los símbolos y líneas divisorias del mapa de suelos. A continuación se da una clasificación simple que sirve este propósito:

L: Tierra de cultivo, incluyendo pastos en rotación. Esta clase puede incluir todos los cultivos escardados, granos pequeños, praderas para heneficar y pastos en rotación que se han desyerbado y se mantienen limpios de arbustos y que reciben enmiendas cuando lo requiere el adecuado crecimiento de las plantas.

O: Huertos. Esta clase se usa en los distritos fruteros. Los huertos pequeños pueden incluirse junto con las tierras de cultivo.

P: Pasto nativo, permanente. Esta clase incluye las áreas de pastos que son arables pero las cuales no se usan en rotaciones regulares o que requieren remoción de piedras, limpieza adicional de malezas o árboles, o cualquier otro trabajo de mejoramiento, antes de que se las pueda arar y usar para cultivos de escarda. Incluye tierra usada regularmente para pastoreo que sería impráctico mejorar para uso de cultivo. En esta unidad se pueden incluir áreas de suelo cubiertas por pastos enmalezados, que se pastorean solo en forma intermitente o la unidad puede subdividirse.

X: Rastrojos abandonados: Esta unidad incluye tierra usada anteriormente para cultivos y pastos abandonada en el presente pero no totalmente reforestada o puesta a otro uso. (En cada área de estudio es necesario definir en forma física apropiada el término, ya que "rastrojo abandonado" denota un significado que no es cartografiable.

F: Bosques. Esta clase incluye 1º) Areas de tierra cubiertas en forma cerrada o casi cerrada por las copas de los árboles, entre los cuales, una especie al menos, debe tener un valor presente o potencial como madera, pulpa de papel u otro uso económico, y 2º) áreas de reproducción o con árboles pequeños. Puede ser que se necesiten subdivisiones, junto con estimaciones del crecimiento, densidad y tamaño de los árboles.

H: Urbano. Esta clase incluye áreas usadas para fábricas, almacenes, centros de comercio, casas, caminos, calles, cementerios, parques y otras construcciones públicas.

Algunas personas tienen la tendencia a creer que el uso actual de la tierra es algo fijo en el suelo. Sin embargo, este uso actual puede estar muy por debajo del uso potencial debido a factores económicos o sociales ajenos al suelo. Nunca se debe permitir el que una atención indebida al uso actual de la tierra, incluyendo la condición en que se encuentren los edificios de la finca, influya en el juicio acerca de la estimación del uso y producción potenciales.

UNIDADES PARA LA CLASIFICACION Y CARTOGRAFIA SUELOS

Los exámenes de los suelos proveen las bases para colocarlos dentro de unidades taxonómicas y cartográficas. Cada unidad cartográfica se identifica en el mapa por medio de un símbolo y cada una debe tener un nombre identificador dentro del sistema general de la clasificación de los suelos. Para entender las relaciones y diferencias entre las unidades cartográficas y para la correlación de las unidades de suelo con aquellas encontradas en cualquier otro lugar en tal forma que se pueda hacer uso del total de conocimientos existente sobre la génesis del suelo y su comportamiento, es esencial que la nomenclatura sea adecuada. La denominación de las unidades cartográficas por tanto se hace en términos de las unidades en la clasificación taxonómica.

Unidades taxonómicas y cartográficas

Una unidad taxonómica es una creación de la mente del hombre para facilitar la comprensión acerca de las cosas que se encuentran en número tan grande que no se podrían comprender individualmente; en un punto el suelo es examinado vertical y horizontalmente. El observador cava a profundidad suficiente para examinar cada horizonte, incluyendo el material originario y cualquier estrato inferior que afecte el origen y comportamiento del suelo. El examen del suelo se extiende horizontalmente, en tercera dimensión lo suficiente para muestrearlo. En relación con el área del suelo, los lugares examinados son meramente puntos. El número de tales lugares pueden ser casi infinitos. El científico agrupa los suelos examinados en estos puntos en unidades taxonómicas las cuales tienen límites específicos de variación. Se debe pensar en que cada unidad consta de: 1º) Un núcleo o corazón central — un solo perfil modal que representa la condición más usual de cada propiedad de todos los suelos, en la clase — y 2º) Muchos otros perfiles relacionados íntimamente, los cuales varían respecto a este núcleo central, dentro de límites muy bien definidos. Dentro del grupo, se deben encontrar siempre las mismas clases de horizontes en todos los perfiles, en el mismo orden. Algunas propiedades de estos horizontes como espesor,

textura, estructura, color, consistencia y pH varían dentro de límites definidos.

Una unidad cartográfica de suelos que lleve el nombre de una unidad taxonómica consta de esta unidad taxonómica definida y algunas veces también de pequeñas áreas de otros suelos los cuales tienen que ser incluídos debido a las limitaciones impuestas por la escala del mapa y el número de puntos que pueden ser examinados. En otras palabras, en el sistema de clasificación taxonómica cualquier nombre de suelo sirve para una unidad especialmente definida; pero el **mismo nombre,** aplicado a una unidad cartográfica sirve para esa unidad taxonómica definida, más pequeñas porciones de otras unidades, hasta cerca del 15%, las cuales no pueden ser excluídas cartográficamente por no ser práctico.

Algunas unidades cartográficas son definidas en términos de dos o más unidades taxonómicas, las cuales pueden o no estar asociadas geográficamente. **El complejo de suelos** es una unidad cartográfica en levantamientos de suelos que consta de dos o más unidades taxonómicas reconocidas. Estas pueden o no ser similares pero ocurren juntas en forma más o menos regular y están tan íntimamente asociadas **geográficamente** que no pueden a la escala usada, delimitarse por separado. Dos o más unidades taxonómicas reconocidas regularmente, no asociadas geográficamente, pueden también representarse como una sola unidad: **grupo indiferenciado,** si las diferencias entre ellos son muy pequeñas para justificar, para los fines del levantamiento de suelos, su reconocimiento separado.

Las fases muy inclinadas de dos o más tipos de suelo, por ejemplo, pueden ser tan parecidas debido al predominio de la pendiente fuerte sobre las otras características del suelo, que su separación como unidades cartográficas no se justificaría, pues agregaría muy poco a la información a que tiende el objetivo del levantamiento de suelos.

Las unidades taxonómicas a cualquier nivel de generalización, pueden ser usadas como unidades cartográficas con tal que la escala sea lo suficientemente grande. En levantamientos de suelos detallados el tipo o fase de suelo, es corrientemente la unidad cartográfica; las unidades taxonómicas a más altos niveles de generalización en el esquema de clasificación son rara vez suficientemente homogéneas para los objetivos de los estudios de suelos detallados. Sin embargo, para algunos objetivos es enteramente apropiado, usar series de suelos, familias o grandes grupos de suelos como unidades cartográficas o más comúnmente como unidades taxonómicas de complejos o asociaciones usadas como unidades cartográficas. En la mayor parte de los casos, el uso de grandes grupos de suelos como unidades cartográficas reduce mucho más el detalle del mapa que el tamaño de la leyenda. O sea que una gran parte de los límites entre los

tipos de suelo en muchas áreas, son también límites entre grandes grupos de suelos.

En la preparación de mapas generalizados a escalas más pequeñas que las usadas en levantamientos de suelos detallados, las limitaciones impuestas por la escala casi requieren siempre la inclusión de dos o más unidades taxonómicas en cada asociación definida de suelos. Tales unidades cartográficas se definen en términos de las clases, proporciones relativas y formas de distribución de las unidades taxonómicas incluídas en ellas. Usualmente se usa como nivel de generalización para estas unidades taxonómicas el de serie o el de categorías más altas.

Al desarrollar la leyenda para los mapas se debe tener una idea totalmente clara de estas diferencias entre unidades cartográficas y unidades taxonómicas. Los esfuerzos para poner cada unidad taxonómica como unidad cartográfica pueden conducir a tal complejidad especialmente cuando son suelos usados conjuntamente para lo mismo, que el mapa final puede llegar a ser de menor utilidad que uno que muestre complejos de suelos bien definidos. En donde se usen complejos, las unidades taxonómicas componentes deben ser definidas y muestreadas tan cuidadosamente como si fueran a mostrarse en el mapa en forma separada.

Cada unidad cartográfica de la leyenda debe ser claramente cartografiable en la escala que se vaya a usar. Con esto se quiere decir que tales unidades deben estar tan bien definidas que cualquier edafólogo competente pueda reconocer, en forma exacta, sus límites bajo condiciones prácticas de levantamiento, y tener espacio suficiente en las hojas de campo o fotografías aéreas para delinearlas sin distorsión o confusión.

Guía general para determinar el grado de detalle que se debe alcanzar al realizar una clasificación

El nivel de detalle que se debe perseguir en la clasificación de suelos es un problema difícil. En primer lugar, el detalle de categoría —la estrechez de definición y la homogeneidad de la clasificación individual y de las unidades cartográficas— debe ser claramente distinguido del detalle cartográfico o sea del tamaño relativo de las áreas que se muestren en los mapas, así como de la exactitud de los límites. Los detalles de categoría y los cartográficos tienen alguna relación, esto es, que áreas de suelo altamente contrastante deben ser separadas con más detalle en el mapa, que aquellas que tienen suelos similares.

La clasificación de un área en un levantamiento de suelos detallado debe mostrar por separado los suelos disímiles en características significativas, en génesis o comportamiento. Esto significa que los propósitos prácticos del trabajo deben alcanzarse tanto como la separación de los suelos genéticamente diferentes. Dos suelos pueden parecerse en todas las características del sólum, el cual

refleja su origen genético y determina su clasificación como tipos genéticos, pero aún pueden variar significativamente en potencialidades de uso cuando cambian los ambientes. Las capas profundas (capas D) pueden ser importantes en irrigación o drenaje por ejemplo, o pequeñas diferencias en pendiente o pedregosidad pueden afectar el uso agrícola apropiado de suelos que se encuentran bajo bosque. Por otre parte, un suelo Pardo o Forestal y un suelo Podzólico Pardo grisáceo, en términos de los presentes conocimientos y experiencia, deben tener aparentemente un comportaminto parecido, a pesar de lo cual deben ser separados.

Las unidades de clasificación deben ser lo suficientemente homogéneas como para que sea posible hacer estimaciones diferenciales hasta donde lo permitan los conocimientos disponibles tanto de la ciencia del suelo, como de las afines. Distinciones más refinadas pueden ser hechas únicamente en donde exista suficiente evidencia científica para esperar que nuevas investigaciones permitirán hacer predicciones diferenciales.

Esta regla debe ser interpretada para cada área de levantamiento refiriéndolas a las condiciones del suelo, los objetivos del mismo y la información disponible de la experiencia o investigación científica —tanto dentro del área como de los suelos similares de cualquiera otra parte.

El detalle de la clasificación en un área bajo estudio en las regiones de suelo Chernozem y Castaños, por ejemplo, es mayor si el mapa se va a usar para la planificación de riego y como guía de las prácticas agrícolas bajo riego, que si el mapa va a usarse como guía de prácticas agrícolas de secano. Si es para riego, se debe dar énfasis especial a las combinaciones de características edáficas que influyen sobre el movimiento del agua, sobre, dentro y a través del suelo y a los peligros de salinidad. Las unidades deben ser definidas un poco más detalladamente en cuanto a relieve, microrrelieve, profundidad del sólum, carácter de los estratos inmediatos inferiores, estructura y textura de los horizontes, permeabilidad, bases cambiables, sales y drenaje. En la clasificación deben separarse claramente las áreas que son significativamente diferentes una de otra, tanto antes como después del riego, y también deben mostrarse definitivamente las áreas de suelo que necesiten prácticas especiales de drenaje, prevención de salinidad, control del escurrimiento superficial, mantenimiento de la fertilidad, etc.

En áreas de estudio que tengan problemas especiales de drenaje, escurrimiento superficial y control de la erosión, uso de fertilizantes, ciertas unidades cartográficas deben ser definidas en forma más detallada de lo que hubiera sido necesario antes de reconocer la existencia de esos problemas o el desarrollo de métodos para su solución.

Las series de suelos

Se denomina **serie de suelos,** un grupo de suelos con horizontes similares **tanto en** su disposición dentro del perfil como en las carcterísticas diferenciadoras, con excepción de la textura de la capa superficial, y el desarrollo a partir de un tipo particular de material originario. Los suelos comprendidos en una serie son esencialmente **homogéneos en todas** las carcterísticas de perfil, excepción hecha **de la textura, principalmente** la del horizonte "A" u horizonte superficial, **y en tales características** como pendiente, pedregosidad, grado **de erosión,** posición topográfica y profundidad hasta la roca matriz **o hasta donde** estas características no modifiquen grandemente **la clase y disposición** de los horizontes del suelo.

Las series de suelo en sí, muy raramente son usadas como unidades cartográficas en los levantamientos de suelos, pues por un lado no son suficientemente homogéneas en características como pendiente y pedregosidad para los objetivos de los estudios más detallados, y por otro raramente aparecen solas en áreas suficientemente grandes para servir de unidades cartográficas en estudios de tipo más generalizado. El nombre de las series es, sin embargo, la clave para la mayoría de las características de los tipos y fases del suelo que se usan en los mapas detallados. Las series nos permiten reunir y organizar las unidades cartográficas al mismo tiempo que nos ayudan a recordar las propiedades y relaciones entre los suelos.

Las series de los suelos se diferencian principalmente tomando como base las variaciones significativas en los rasgos morfológicos del perfil. Estos rasgos son principalmente la clase, espesor y disposición de los horizontes y su estructura, color, textura (excepto la textura del horizonte A), reacción, consistencia, contenido de carbonatos **y otras sales,** contenido de humus y la composición mineralógica. Una diferencia significativa de cualquiera de estas propiedades en cualquiera de los horizontes puede ser la base para el reconocimiento de una serie diferente. Muy raramente, sin embargo, una serie varía de otra en una sola de estas características ya que ellas están relacionadas genéticamente y usualmente cambian varias al mismo **tiempo.**

Ya que el relieve es un factor genético importante, parcialmente responsable de las características del perfil, y ya que una propiedad del cuerpo del suelo es la forma, cada serie tiene límites definidos en cuanto a pendiente. Estos límites son muy estrechos en algunas series y amplios en otras. La oscilación permisible entre los límites de una serie depende de la oscilación en la cual no se refleja diferencia importante en el perfil del suelo bajo vegetación natural. En donde las variaciones de la pendiente tienen significado práctico pero ningún efecto significativo. en el comportamiento del suelo

en su medio natural, estas diferencias son reconocidas como **fases,** las cuales serán definidas más adelante.

No es fácil establecer una regla sin excepción que cubra razonablemente las variaciones en propiedades dentro de los límites de una serie de suelos. Si cada una de las características observadas en dos perfiles de suelos tuvieran que ser idénticas para poder colocarlos en la misma serie, cada perfil examinado constituiría una serie separada, ya que no se encuentran dos perfiles idénticos en todos sus aspectos. Se deben esperar pequeñas variaciones en el espesor de los horizontes individuales. Se deben permitir pequeñas variaciones en cada propiedad. Se puede decir, desde el punto de vista de la ciencia del suelo aplicada, que las diferencias cartografiables, de importancia para el crecimiento de la vegetación nativa o de cultivos, deben ser reconocidas. Dado que la ciencia del suelo no tiene a su disposición un conocimiento completo de todas las relaciones entre los suelos y las plantas, no podemos aceptar sin embargo este principio como el único criterio, ya que suelos con diferentes potencialidades podrían ser puestos juntos. Conforme ha progresado la ciencia aplicada del suelo, ha sido demostrada una y otra vez, la enorme importancia práctica de las diferencias del suelo, que no muchos años atrás, parecieran tener solamente un interés académico. Es más, los usos de la información del levantamiento de suelos para propósitos ajenos a aquellos asociados con el crecimiento de las plantas, están aumentando en importancia. Características del suelo, importantes en problemas de ingeniería civil por ejemplo, están siendo reconocidas en mayor escala; y no todas las propiedades importantes para la ingeniería son igualmente importantes para el crecimiento de las plantas.

El principio guía para la separación de las series puede así ser revisado para incluir todas las diferencias en el perfil del suelo. Esto no puede ser aceptado en su totalidad porque algunas características pueden ser determinadas únicamente con gran esfuerzo y puede ser que no valga la pena el tiempo y los gastos requeridos. Para ilustrar veamos el siguiente ejemplo: Dos suelos en el grupo Podzólico Pardo-grisáceo pueden tener perfiles similares, excepto el horizonte C de uno que tiene un pH cercano a 7,5 debido a la presencia de carbonato de calcio, mientras que el horizonte C del otro tiene un pH alrededor de 5.8. Estos suelos deben ser separados aunque ésto envuelva alguna dificultad. Tal diferencia es importante para el crecimiento de algunas plantas de raíces profundas y es posible que esta diferencia esté asociada con otras características accesorias. Desde un punto de vista práctico tal separación es importante para la ciencia del suelo aplicada y para la agronomía. Por otro parte, supongamos una diferencia similar en pH existente entre dos suelos asociados con los suelos Podzólicos Pardo-grisáceos normales, pero desarrollados en relieve sub-normal y caracterizadas por una capa arcillosa (Claypan) profunda o una capa dura (Hardpan) sobre el material parental. Con estos suelos la importancia agronómica de la

diferencia es menor que con el primero porque las raíces de las plantas probablemente no podrían penetrar hasta el material subyacente. Además, la dificultad de hacer los exámenes necesarios para separar los dos suelos, es mayor. Desde un punto de vista práctico, la separación probablemente no se justificaría si no existiera un rasgo externo importante que pudiera ser asociado con esta característica interna.

Una restricción adicional en la cartografía de diferentes series de suelo es la de que las características sobre las cuales se base la diferenciación deben ser representables cartográficamente. Ciertas diferencias pueden ser tan difíciles de determinar que el tiempo y los gastos ocasionados en la separación de dos series basadas sobre ellas, no se justifiquen de acuerdo con los objetivos perseguidos por el levantamiento de suelos. Conforme las características "difíciles" de reconocer" se vuelven más importantes para alcanzar los propósitos del levantamiento de suelos, se justifican mayores gastos de tiempo y dinero para separar los suelos de acuerdo con esas características. En algunas regiones edáficas, únicamente edafólogos de mucha habilidad y experiencia, pueden reconocer consistentemente las diferencias de suelo, que aunque oscuras para el lego, pueden tener gran importancia en los sistemas de manejo de suelos. Al respecto se pueden citar las características físicas de la parte inferior del sólum, de las cuales se pueden inferir el drenaje y la permeabilidad.

De lo que se ha dicho, queda claro que no se pueden establecer para todas las condiciones, reglas precisas que digan exactamente cuales características se consideran diferenciadoras entre series o cuales variaciones de esas características pueden permitirse dentro de una serie. En general se puede decir que deben considerarse aquellas propiedades observables y representables de las cuales se conoce que tienen significado o son susceptibles de tenerlo, en el génesis del suelo, en el crecimiento de la vegetación nativa o de las plantas cultivadas, en el manejo del suelo y en ingeniería de suelos. Con experiencia de campo y con conocimientos de los descubrimientos en nutrición vegetal, manejo del suelo y de otros importantes campos de investigación, el juicio del edafólogo será moderado. Algunas consideraciones especiales se discuten en los párrafos siguientes, pero la diferenciación de series debe depender de la experiencia del edafólogo y del avance de la ciencia del suelo.

Todos los perfiles dentro de una serie tienen que haberse desarrollado de materiales parental similares. El material parental del suelo se produce a partir de materiales rocosos afectados por las fuerzas de la meteorización. Materiales originarios similares pueden producirse a partir de depósitos geológicos diferentes y por diversos medios; del otro lado, materiales parental diferentes pueden producirse a partir de las mismas rocas debido a diferencias de meteorización. Lo que es importante es la naturaleza del material originario en sí. Es más, los materiales originarios tienen característi-

cas significativas que no se pueden ver en el campo y las cuales pueden ser inferidas de aquellas de la roca madre. No es necesario que las rocas originales o la forma en que el material originario inconsolidado se ha depositado, sean uniformes a través de la serie. La composición mineralógica del material originario es la característica más importante, pero además se debe dar consideración a características como porosidad, permeabilidad, textura y grado de mezcla.

De la definición de serie de suelo podría suponerse que únicamente se pueden permitir dentro de ella variaciones de textura en el horizonte "A". Una adhesión estricta a este concepto significaría que un gran número de series tendrían que constar de un sólo tipo de suelo, ya que existe comúnmente una relación estrecha entre la textura del material originario y las texturas de los otros horizontes que se encuentran en el sólum además del horizonte A. Con un gran número de series monotípicas, las ventajas de las series como recurso para recordar y entender las relaciones entre suelos, se verían muy reducidas. Es por esto que es necesario permitir algunas variaciones en textura del material originario, lo cual se refleja corrientemente en una oscilación de las texturas de los horizontes B. El amplio margen de variación de arena a arcilla que fue permitido en otros tiempos ya no se acepta. Hoy sabemos que esas grandes diferencias están generalmente asociadas con importantes diferencias en las otras propiedades del sólum. La textura es una característica que implica muchas otras propiedades accesorias y la variación permitida dentro de una serie está gobernada por sus efectos sobre la magnitud de variación en otras características importantes.

Es difícil establecer guías generales que gobiernen el número de series a ser establecido tomando como base principal la textura del material original. La textura del suelo no tiene la misma significación en todos los suelos. Diferencias significativas en suelos bien drenados pueden carecer de significación en otros pobremente drenados. Por otro lado las diferencias en drenaje, mineralogía y otras cualidades a menudo están asociadas con variaciones de textura. Si el drenaje fuera esencialmente el mismo y si las arcillas, limo y arena son de composición mineralógica similar puede ser suficiente establecer tres subdivisiones entre la variación de arena hasta arcilla. Estos serían suelos sobre materiales originarios muy arenosos, suelos sobre materiales originarios de textura media y suelos sobre materiales originarios muy arcillosos. Sin embargo, raras veces se encuentran fracciones granulométricas dando lugar a tan amplia variación de textura.

Los límites exactos de las clases texturales incluídas en cualquier serie, deben ser determinados de acuerdo con la forma como se encuentran los suelos en el paisaje y la importancia de la textura y sus características accesorias covariantes para el objetivo de la clasificación natural de los suelos.

Se han establecido series separadas sobre la base de forma del terreno únicamente. Esto se ha hecho, por ejemplo, en regiones gla-

ciadas, como un medio de diferenciar entre "kames" y terrazas de "outwash" consistentes de materiales similares. Si la morfología del sólum es diferente en dos situaciones, se justifican dos series. Si los suelos y las propiedades del material originario son similares, los suelos deben sin embargo, ser reconocidos como miembros de la misma serie y deben diferenciarse como fases. Con ésto se quiere decir que la forma del terreno por sí misma no es suficiente para separar suelos en series diferentes. Usualmente sin embargo, otras características del suelo están asociadas con la forma del terreno.

Los nombres de las series son nombres de lugares, tomados del área en donde el suelo fue definido por primera vez, tal como Miami, Hagerstown, Mohave y Houston. En los primeros días de los levantamientos de suelos se dieron definiciones muy amplias a las series de suelos; de hecho tan amplias que después de que los suelos han sido más estudiados y mejor comprendidos se hizo necesario dividirlas en dos y aún varias series. Por ejemplo, hoy día se reconocen varias series de los suelos que originalmente estuvieron incluídos en las definiciones de las series Miami y Marshall. Aunque los suelos Marshall fueron primero levantados en el área de Marshall (Condado de Lyon, Minn) investigaciones subsecuentes han demostrado la existencia de diferencias significativas en muchos aspectos entre ellos y otros a los cuales se les dió el mismo nombre en otros lugares. Dado que el nombre ha sido usado más ampliamente en Iowa, Missouri y Nebraska, se retuvo para los suelos de esa región y algunos de los de Minnesota fueron rebautizados con el nombre de Barnes. Situaciones similares han sucedido a través de todos los Estados Unidos conforme han aumentado nuestros conocimientos sobre los suelos. Este desarrollo ha traído consigo cierta confusión inevitable ya que los suelos mostrados en los mapas viejos no están conformes con las definiciones más precisas que se han hecho más tarde.

En el sistema americano, se han usado más bien estos nombres propios en vez de términos puramente genéticos como "suelos francos débilmente podzolizados originados de drift" ya que ningún nombre connotativo podría ser lo suficientemente grande para definir las características diferenciales suficientes para la clasificación y levantamiento detallados sin ser desesperadamente difícil de manejar. No podríamos olvidar tampoco los cambios en teorías sobre la génesis del suelo— y éstos han sido sustanciales en los últimos 30 años— los cuales causarían confusión. Los modelos para las series deben ser escritos en términos de la morfología del perfil y el paisaje, estos modelos están implícitos en los nombres de las series. El nombre genético agregado al nombre de la serie, sujeto a revisión, es un suplemento apropiado y útil, pero no reemplaza el nombre de la serie. Como a menudo existen los mismos nombres de lugares en varias partes del país, debe tenerse cuidado en la correlación, a fin de evitar el uso del mismo nombre para los suelos diferentes. En la leyenda del mapa de campo a cada serie propuesta se le da un nombre

local y se define el suelo. Si existiere duda acerca de la identidad de cualquiera de las series previamente definidas, se usan nombres locales durante el progreso del trabajo y en la correlación final, los suelos que pertenezcan a series previamente establecidas recibirán sus nombres propios.

Conforme ha aumentado el número de series, ha habido cierta resistencia para el establecimiento de otras nuevas. En donde esta renuencia se ha basado únicamente en la consideración de las cifras en sí, ello ha conducido a atrasos en el reconocimiento de nuevas series ahí en donde existen diferencias significativas. La falta de comprensión para reconocer series sobre esta única base sólo ha causado confusión. Cuando en la naturaleza existe la variación el no reconocerla en nada reduce su magnitud, y las unidades resultantes se vuelven menos útiles por razón de su heterogeneidad. No se debe dudar en el establecimiento de una nueva serie cuando ello sea necesario. Sin embargo, se debe hacer todo el esfuerzo posible para realizar las diferenciaciones al nivel del tipo o fase de suelo más bien que al nivel de las series, con tal que tal diferenciación se base sobre principios sanos de clasificación. Unicamente haciendo el uso más completo posible del tipo y fase es que la serie de suelos puede servir en más útil propósito, ésto es, como medio de recordar características y entender relaciones entre los suelos.

Suelos aluviales (1)

En la definición de series de suelos Aluviales, se originan problemas especiales ya que en estos suelos se encuentra una secuencia de horizontes genéticamente no relacionados. Los materiales depositados por el agua comúnmente tienen capas que difieren grandemente en características como la textura, pero la localización de esas capas está gobernada por procesos geológicos pero es accidental en cuanto a las relaciones genéticas de los suelos en lo concerniente al medio ambiente actual. Si cada diferencia en la localización de tales capas fuera usada como base para separar series, un número casi infinito de ellas podría ser reconocido solamente en suelos aluviales, lo cual echaría por tierra el propósito de la serie de suelo. En suelos Aluviales, como regla general, la diferenciación de series con base en la textura debería ser basada en la textura del material del subsuelo y no en la capa arable o el substrato profundo. De tres a cinco series se necesitan generalmente en materiales de otro modo similares, para cubrir todos los cambios de textura del subsuelo. En donde se requieran cinco series con base en la textura del perfil o la permeabilidad del subsuelo, se pueden usar las siguientes clases:

(1) Se admite que este término es un término pobre, ya que no se refiere a "suelos de aluvión" sino únicamente a suelos jóvenes situados en planicies de inundación y deltas en proceso de formación y los cuales no han desarrollado características aparte de las heredadas del aluvión mismo. Tal vez sería bueno reservar el término para las gentes que deseen hablar un poco libremente de "suelos de aluvión" y forjar entonces una nueva denominación para los suelos a que se hace referencia aquí.

1.—Subsuelo pedregoso o gravoso, generalmente no arable.

2.—Subsuelos gravosos y muy rápidamente permeables, pero con alguna cantidad de materiales finos.

3.—Subsuelos de textura gruesa, rápidamente permeables.

4.—Subsuelos moderadamente permeables de textura media.

5.—Subsuelos lentamente permeables de textura fina.

En donde solamente se necesitan tres series para cubrir todas las condiciones, se pueden usar las siguientes clases:

1.—Subsuelos franco arenosos ligeros y subsuelos con materiales más gruesos.

2.—Subsuelos franco arenosos pesados hasta subsuelos franco arcillosos ligeros.

3.—Subsuelos franco-arcillosos pesados y subsuelos arcillosos.

Cuando es importante entre los suelos aluviales considerar a un suelo cuyo subsuelo descansa de modo discordante sobre material de diferente textura, debe designarse como una fase del tipo de suelo de la serie reconocida. Por ejemplo, HUNTINGTON franco limosa moderadamente profundo sobre arena. Un suelo en el cual un estrato discordante diferente en textura del subsuelo, constituye la capa arable, debe ser designada como un tipo de la serie.

Clases de profundidad.—Los límites superior e inferior de una clase de profundidad, aplicados a cualquier suelo, se fijan en cifras definidas. Estos límites necesariamente tienen que variar algo, dependiendo esta variación de las otras características del suelo. Sin embargo, las palabras "superficial" y "profundo" deben tener un mismo significado en todas partes.

El siguiente esbozo de clases de profundidad, aplicable a todos los suelos y no únicamente a los Aluviales, da los límites de profundidad dentro de los cuales los límites superior e inferior pueden ser establecidos:

		Variación de los límites	
		Superior (mts.)	*Inferior (mts.)*
1.	Muy superficial	0	0,125 - 0,25
2.	Superficial	0,125 - 0,25	0,50 - 0,75
3.	Moderadamente profundo (o moderadamente superficial) (1)	0,50 - 0,75	0,75 - 1,25
4.	Profundo (2)	0,75 - 1,25	1,25 - 1,50
		0,75 - 1,25	1,50 y más
5.	Muy profundo (2)	1,25 - 1,50	1,50 y más

(1) "Moderadamente superficial" se usa en donde el estrato discordante se encuentra más superficial que lo típico o usual para la clase de suelo.

(2) La clase "muy profundo" se requiere muy raramente. En donde es necesario, "la clase profundo" tiene un límite entre 1,25 y 1,50 m.

Para las unidades taxonómicas individuales, se establecen límites específicos dentro de estas oscilaciones, en la forma en que sea necesario. En la descripción de una unidad **cartográfica** se describen aquellos suelos incluídos que pasen de los límites establecidos.

En la clasificación de suelos Aluviales en regiones áridas y semiáridas, se usan comúnmente valores absolutos así: "superficial", menos de 0.50 mts.; "moderadamente profundo", de 0.50 hasta 1 m. y "profundo", más de 1 m. En algunos casos se usa **"muy superficial"**, de cero hasta 0,25 mts. o **"muy profundo"** más de 1,50 mts.

Otras características.—Las variaciones de significación en la composición mineralógica y la reacción de los materiales del subsuelo son criterios adecuados para la diferenciación entre series en el grupo Aluvial. Las diferencias de color y origen del material del suelo pueden ser usadas como indicaciones de tales diferencias en composición, siempre que el laboratorio confirme tal correlación.

Las diferencias en drenaje que conduzcan a diferencias claras en morfología del suelo deben servir como bases para la diferenciación de series, si ellas no se reflejan en la morfología del suelo pero son importantes desde el punto de vista del uso de la tierra y de la adaptación de cultivos, se las debe diferenciar como fases de drenaje.

Las concentraciones de sales solubles pueden usarse para diferenciar entre series en donde esas concentraciones hayan afectado grandemente la morfología del suelo y su consecuente adaptación a la recuperación o la irrigación. Si la morfología física no ha sido apreciablemente afectada, tales condiciones pueden ser diferenciadas como fases (2).

La posición fisiográfica en sí, no es un criterio satisfactorio para la diferenciación entre series Tales rasgos del paisaje pueden ser importantes desde el punto de vista de la frecuencia de inundación pero deben ser diferenciados como fases. Aunque los suelos Aluviales comúnmente tienen algunas características que reflejan la zona climática en la cual ocurren, a pesar de esto no se ha desarrollado una bien definida secuencia de horizontes genéticos. En donde características morfológicas claras, como la reacción o contenido de materia orgánica, son reflejo de diferencias en zonas climáticas, se deben reconocer series separadas. Estas deben establecerse únicamnte en donde aparezcan diferencias morfológicas reconocibles.

Suelos Poco Profundos y suelos Esqueléticos

Los suelos Pocos Profundos y los suelos Esqueléticos plantean también problemas especiales en la diferenciación entre series, en

---

(2) Váse sección sobre Estimación y Cartografía de Sales y Alcalis en el suelo.

parte debido a que lo delgado de sus sola domina sobre otras características. En donde se encuentra roca cerca de la superficie, la secuencia completa de los horizontes puede ser afectada. Los horizontes genéticos pueden estar diferenciados muy débilmente. Se reconocen series diferentes para suelos superficiales y para suelos profundos provenientes de clases de materiales originarios similares. En algunos suelos, sin embargo, la roca simplemente corta a poca profundidad del fondo del perfil. Las características de la parte superior de los horizontes de suelos más profundos pueden estar manifiestos y tan bien expresadas tanto en suelos superficiales como en suelos sobre materiales profundos. En tales series el suelo superficial debe reconocerse como una fase de un suelo más profundo aunque el horizonte del fondo del sólum típico esté ausente o falte en parte.

En la discusión anterior referente a los suelos Aluviales, se han fijado "clases para la profundidad" del suelo; los nombres de las fases se dan en la página 393 - 394.

El tipo del suelo

El tipo del suelo es una subdivisión de la serie basada en la textura del suelo superficial. El nombre para los tipos de suelos se forma agregando al de la serie el nombre de la clase textural, determinado en primer lugar por la textura de la parte superior del suelo. En suelos con perfiles bien desarrollados la textura del horizonte A determina el nombre de la clase. En donde el horizonte A es delgado y pobremente desarrollado, la textura promedio de los 15 centímetros superiores (o aproximación equivalente a la capa superior cultivada de los suelos arables) es la base para determinar el nombre de la clase textural (3).

El nombre de clase de un tipo no debe ser determinado por la textura de un horizonte profundo en el perfil. Tal práctica conduce eventualmente a darle nombres idénticos a dos suelos que son completamente diferentes. Por ejemplo, un suelo sobre arcillas glaciolacustres puede caracterizarse por una textura franco-arcillo-limosa a través de todo el perfil; pero dentro del área, debido a estratos discordantes en el material parental, puede existir un suelo con un estrato arable franco-arcillo-limoso y un subsuelo franco-limoso. El suelo con una textura franco-arcillo-limoso sobre la base de la textura sería denominado franco-arcillo-limoso sobre la base de la textura de su capa arable. Para diferenciar entre este suelo y aquel que tiene en el subsuelo una textura franco limosa, el segundo podría ser incorrectamente llamado franco-limoso. Entonces se encontraría un tercer suelo con una textura franco limosa en la capa arable y un franco arcillo limosa en el subsuelo, y ser llamado franco limoso, todo

(3) En algunos países, Nueva Zelandia, por ejemplo, la textura del horizonte A determina el nombre de la clase textural del tipo, aunque sea delgado.

dentro de la misma serie; pero el problema está en que entre los dos habrían diferencias significativas en uso y manejo. El suelo con un subsuelo franco-limoso debe reconocerse como una serie separada o si ocupa una pequeña extensión, se le debe distinguir como una **variante** y darle un nombre apropiado.

No se quiere decir que la única diferencia entre los tipos de una serie sean exclusivamente la textura de la capa superior del sólum. Los nombres de las clases texturales de dos tipos en la misma serie, son determinados por la textura de la capa superior del sólum, pero al mismo tiempo la textura puede variar algo en alguna otra parte del suelo; como ilustración podemos tomar el siguiente ejemplo: la superficie de los suelos Plainfield arenosos y Plainfield arenosos finos tienen texturas arenosos y arenosos finas. Las mismas diferencias texturales se encuentran comúnmente a través de los perfiles, lo cual le da al Plainfield arenoso fino una capacidad ligeramente mayor para retener humedad que la que tiene el Plainfield arenoso. Excepto en materiales estratificados— y hay muchos de estos— es normal esperar que las diferencias en textura del horizonte A estén asociadas con diferencias texturales en los horizontes B y C. Estas no deben sobrepasar aquellas diferencias permisibles dentro de la serie, con excepción de las variantes.

Anteriormente, y tal vez hasta cierto punto hoy día, algunos suelos eran incluídos dentro de la misma serie y diferenciados con base en la textura cuando en realidad pertenecían a series distintas. Por ejemplo, la Miami franco limoso y la Miami franca tienen una textura franco limosa y franca respectivamente en la parte superior de los perfiles. Los horizontes B y C de la Miami franca, tienen en promedio un porcentaje inferior de los separados finos a aquel que exhiben los horizontes comparables del Miami franco limoso. Por muchos años se ha supuesto que las otras características del suelo son similares, excepto para las diferencias en consistencia comúnmente asociada con las diferencias en textxuras indicadas por los nombres de clase de los tipos. Parece hoy día que las diferencias en estructura, consistencia, así como permeabilidad y drenaje, pueden ser más importantes para el uso del suelo de lo que se suponía. Y no únicamente eso: el material originario de los suelos Miami, aunque proveniente principalmente de drift glacial calcáreo, era parcialmente drift glacial calcáreo cubierto por limo depositado por el viento. Ahora bien, parte del Miami franco limoso, de acuerdo con la definición vieja, tiene el sólum inferior y material originario característico, mientras que otra parte tiene el sólum inferior y el material originario característicos del Miami franco, desarrollado de "till", sin ninguna deposición limosa depositada por el viento. Este ejemplo ilustra las grandes dificultades que a menudo se originan en las correlaciones futuras de los suelos, si las diferencias entre series se designan como diferencias de tipo dentro de una serie a la cual se da una definición muy amplia.

En los primeros trabajos, los nombres de las clases texturales, o tipos, se usaron para separar suelos que realmente pertenecían a series diferentes, lo cual puede ser ilustrado por la Serie Norfolk. Esta serie, nombrada por Norfolk, Va., fue establecida alrededor de 1900. Durante los siguientes 30 años fue levantada en todos los Estados a lo largo del Atlántico y las Llanuras Costeras del Golfo de Méjico, desde New Jersey hasta el este de Texas. Esta serie incluía arenas profundas con muy poca diferenciación o sin diferenciación, arenas superficiales descansando sobre sedimentos, con algo de arcilla y suelos zonales con horizontes bien definidos. En 1928-1929, al hacer un esfuerzo para restringir la Serie Norfolk a suelos arenosos amarillos y grises, se llegó a la redefinición de la serie Sassafrás.

Más tarde la serie Norfolk fué aún más restringida, y se le dejó incluyendo solamente suelos Podzólicos Amarillos y Esqueléticos (Regosoles) bien drenados, con substratos amarillos. En la década del cuarenta, la serie Norfolk fué redefinida y dividida en tres series, ya que la variación de suelos incluídos dentro de ella se extendía más allá de lo que la definición de serie incluía e incluye hoy día.

La definición de Norfolk se dedica en la actualidad a suelos del grupo Podzólico Rojo-Amarillo con suelos superficiales que van de arenosos a franco arenosos finos y en los cuales se encuentran materiales más finos a una profundidad cerca de 0.45 m. (ó 0.60 m. para suelos con fases más profundas en la superficie). La serie Lakeland incluye los suelos con textura arenosa a franco arenosa hasta material fino a 0.76 m. o más, mientras que la Kershaw incluyen arenas sin material fino subyecente de influencia sobre el sólum. Previamente todos estos suelos estaban incluídos en la serie Norfolk, usando nombres de tipos y fases para indicar condiçiones que son más propiamente criterios para series.

Entre los suelos desarrollados de materiales originarios estratificados, a menudo surgen dudas acerca de cuales diferencias debían estar expresadas por los tipos y fases y cuales por las series. Supongamos, por ejemplo, que un suelo se ha desarrollado principalmente de arcilla lacustre y, en algunos lugares, está cubierto por capas de arena discordante que varían en espesor. En donde el espesor de la capa de arena superficial se asemeja al espesor de la capa arable, el suelo debe ser indicado como un tipo arenoso de la serie que incluye el suelo arcilloso en toda su profundidad. Conforme se hace más profunda la capa de arena, surge la cuestión de hasta cuanta profundidad debe ser de origen arenoso antes de que se deba colocar al suelo en otra serie. En este ejemplo, ya que la serie tiene como característica primordial la arcilla pesada, por lo menos una parte significante del sólum debe estar desarrollado de la arcilla a fin de que el suelo sea incluído como tipo dentro de la serie. En los suelos Turbosos , los nombres de las clases texturales usados en otros suelos no son aplicables, y no hay para ellos designaciones de tipo propiamente dichos. En los suelos turbosos que tengan super-

ficies bien descompuestas, la designación *muck* se usa después del nombre de la serie; y en aquellos casos en que no tenga la superficie bien descompuesta son denominados *peat* (turba). Esta superficie de los suelos orgánicos "muck" puede haber sido desarrollado por fuerzas constructoras del suelo y tener como origen el "peat" (turba), o sus características pueden haber sido heredadas del material originario. Tenemos así que el nombre completo de un suelo Turboso consta del nombre de la serie más la palabra "peat" o "muck". Los tipos intermediarios son llamados *"peaty muck"* o *"mucky Peat"*.

El tipo de suelo es la unidad inferior y de mayor homogeneidad en el sistema natural de clasificación. Un tipo de suelo puede incluir variaciones definidas en tales características como: pendiente, pedregosidad, grado de erosión o profundidad hasta la roca madre o capas de materiales discordantes. Para que los suelos puedan ser permitidos dentro del tipo, no pueden variar en esos rasgos más allá de las fluctuaciones significativas para la génesis del suelo bajo la vegetación nativa en el paisaje natural. Sin embargo, dentro de las fluctuaciones permisibles en esas características del tipo, hay variaciones de gran importancia para el uso y manejo de los suelos. Consecuentemente, los suelos incluídos dentro de un tipo, pueden variar ampliamente en su adaptabilidad para el uso o en sus requerimientos de manejo. Una fase de un tipo de suelo puede ser apropiada para cultivos combinados, mientras que una fase muy pendiente del mismo tipo puede ser apropiada únicamente para pasto. El tipo de suelo es la más útil unidad de clasificación en suelos, porque en él todas las características importantes de los horizontes genéticos son mantenidos a un mínimo de variación; aún para hacer predicciones de uso en la planificación de fincas y para objetivos similares, únicamente aquellos tipos que no tienen cambios significativos en características que afectan su uso y manejo, son unidades satisfactorias para uso en los levantamientos detallados.

Es muy difícil exagerar la importancia de definir el margen de variación aceptable en las características importantes de los tipos y series de suelos. Algunas variaciones dentro de los tipos se muestran por medio de las fases, pero esto no debe conducir al edafólogo a pasar por encima de esas características en la definición de series y tipos. Las clases para pendiente, erosión, pedregosidad, profundidad y las demás características se aplican en las definiciones de series y tipos tanto como en las de fases.

La Fase de Suelo

La fase ha sido más comúnmente usada como un segmento de un tipo de suelo. Recientemente se ha ampliado el concepto de fase

de modo que puede ser definida como una subdivisión de cualquier clase en el sistema de clasificación natural de suelos, pero no es ella misma una categoría de ese sistema. Cualquier clase sin importar categoría, tal como tipo, serie, familia, gran grupo de suelos, sub-orden u orden, puede ser dividida en fases. La base de la subdivisión puede ser cualquier característica o combinación de características potencialmente significativas para el uso o manejo del suelo por el hombre. Cuando se le usa como una subdivisión del tipo de suelo, él es indudabemente el uso más corriente, la fase se define y muestra en el mapa sobre la base de todas las características del tipo de suelo, del cual es una parte, pero con una definición más estrecha en ciertos rasgos de importancia para el uso de lo que son las características diferenciales para el tipo de suelo genético. Cualquier subdivisión de un tipo de suelo basada en tales características es el equivalente de una fase de suelo, ya sea o no reconocida como tal en el nombre o ya sea que la palabra "fase" se incluya en el nombre. Excepto para tipos de suelos monofásicos, la fase de un tipo de suelo en un mapa detallado es la unidad alrededor de la cual se pueden hacer el mayor número de predicciones y manifestaciones precisas que conciernen al uso, manejo y productividad del suelo.

Diferencias suficientemente importantes en la textura de la parte superior del suelo como para ser reconocidas en la cartografía, son indicadas mediante las designaciones de clases texturales incluidas en el nombre del tipo de suelo. En forma similar, las diferencias importantes en estructura y otras características del sólum, incluyendo textura del subsuelo o material originario, son reconocidas en la definición de las series. Las bases más comunes para diferenciar las fases dentro de los tipos de suelo, incluyen variaciones en la pendiente, grado de erosión, posición fisiográfica, capas contrastantes del substrato, profundidad hasta la roca madre, pedregosidad y salinidad, que no hayan influenciado sobre la morfología del suelo significativamente.

A los autores les gustaría dar al lector la oportunidad de considerar otras sugestiones acerca de las relaciones entre serie, tipo y fase, aún con el peligro de introducir un poco de confusión. Algunos han propuesto tentativamente, que las unidades hoy llamadas fases de suelo en los levantamientos detallados que corrientemente se publican, así como en este *Manual*, sean llamadas tipos. En esta forma un tipo de suelo puede ser cualquier subdivisión significativa dentro de una serie, ya sea diferenciada por textura de la capa superficial, pendiente, pedregosidad o cualquiera de los otros rasgos usados para definir fases tal y como se explica en las páginas siguientes.

En algunos casos esto simplificaría la nomenclatura como se ilustra en la discusión de pedregosidad, pero indudablemente sería un rompimiento fuerte de la costumbre. La mayor parte de la gente está acostumbrada a asociar los tipos de suelo únicamente con la textura de la capa superficial del suelo dentro de una serie y muchos resultados de investigación son presentados sobre esta base.

El lector que esté interesado en este asunto podrá estudiar él mismo la cuestión. Tal cambio tendría poco o ningún efecto en la clasificación o cartografía. Cambiaría la nomenclatura ligeramente y requeriría redefinición de las categorías tradicionales usadas en la clasificación detallada de los suelos.

Fases de pendiente

Cada tipo de suelo tiene su margen de variación característico, en cuanto a pendiente se refiere. Cualquier desviación importante está asociada con otras características determinantes de series. En algunos tipos o series, la variación permisible de pendiente es estrecha dentro de una clase de pendiente; en otros es suficientemente amplia para incluir diferencias que son importantes para el uso y manejo del suelo. En éstos, la variación de la pendiente dentro del tipo se extiende más allá de una sola clase de pendiente o la clase misma puede necesitar ser subdividida para levantamientos altamente detallados. Las fases de pendiente se establecen para separar tales partes de los tipos u otras unidades de clasificación.

Las características de la pendiente se discuten en la sección sobre Forma del Terreno, Relieve y Drenaje. Las clases por gradiente de la pendiente de suelo, se han definido y demostrado en páginas 219-221 y en ellas se dan los límites de cada una. Estas clases se usan en la descripción de todas las unidades de la clasificación y sus nombres se usan como nombres de fase cuando esto es necesario. A continuación se repiten, en orden creciente de gradiente de la pendiente, los nombres de las fases; los nombres entre paréntesis son aquellos que se usan en donde se necesita un levantamiento muy detallado que requiera subdivisiones de las clases mayores.

	Nombres:
Clase A:	
Pendientes complejas	A nivel (o a nivel y casi a nivel).
Pendientes simples	A nivel (o a nivel y casi a nivel).
Clase B:	
Pendientes simples	Pendiente suave (o pendiente muy suave y pendiente suave).
Pendientes complejas	Ondulada (o suavemente ondulada y ondulada).

Clase C:

Pendientes simples	Inclinadas (1) (inclinadas y fuertemente inclinada).
Pendientes complejas	Quebradas (o suavemente quebradas y quebradas).

Clase D:

Pendientes simples	Moderadamente empinado.
Pendientes complejas	*Colina.*

Clase E:

Pendientes complejas	Empinado.
Pendientes simples	Empinado.

Clase F:

Pendientes complejas	Muy empinado.
Pendientes simples	Muy empinado.

(1) Para claridad puede que sea necesario substituir "moderadamente inclinadas" por "inclinadas".

Con tipos y series que tengan diferencias de pendiente significativas para el uso y manejo de los suelos, se establecen fases que separarán las áreas que difieren significativamente en cuanto a gradiente o a porcentaje de pendiente. Las definiciones de fases específicas de pendiente varían ampliamente entre los tipos de suelo, dependiendo ello de las demás características. Así, la fase pendiente de un tipo de suelo puede tener pendientes entre 5 y 10% ; otro entre 8 y 16% ; y aún otros, pendientes comprendidas entre ambos. Los nombres de las fases deben caer dentro de la defenición de clases pendientes del suelo, esbozadas en las páginas 219-221. Las unidades cartográficas, incluyendo las fases, pueden incluir dos clases de pendiente. Tales fases tienen nombres compuestos como "a nivel y suavemente inclinadas".

Los suelos varían ampliamente, por ejemplo, en su erosionabilidad en pendientes diferentes. Las líneas divisorias entre las clases de pendiente especialmente en relación con la susceptibilidad a la erosión, pueden no tener los mismos valores en términos de porcentaje de pendiente para suelos diferentes en la misma región. Usualmente, sin embargo, no es aconsejable ajustar las limitaciones de pendiente a fases individuales sobre las bases de una cualidad única, tal como la sola susceptibilidad a la erosión. Esto es, las fases de pendiente de algunos tipos de suelo pueden ser erosionbales bajo cosechas escardadas, mientras que las fases de pendiente de otros tipos e suelo pueden no serlo. Los suelos Decatur de Tennesse y Alabama por ejemplo, responden muy bien al manejo pero son muy erosionables, más que los suelos Clarksville, los cuales son de baja productividad. Entonces, para que los nombres de las fases estén asociadas uniformemente con las prácticas requeridas para el control de la erosión,

las definiciones de las clases de pendiente pueden ser más amplias en la serie Clarksville que en los suelos Decatur. Por otro lado, y casi con la misma justificación, las clases de pendiente podrían ser definidas más estrechamente en los Clarksville que en los Decatur, si los límites fueran escogidos sobre la base de la inversión e intensidad del manejo necesario para alcanzar la producción óptima que recompense los gastos necesarios para controlar el escurrimiento superficial y la erosión.

Aunque el clasificador de suelos puede hacer algunos ajustes de sus definiciones de fase dentro de las clases generales de pendiente del suelo, no puede pretender que todas las fases de pendiente que lleven el mismo nombre sean similares en susceptibilidad a la erosión, peligro de erosión o en recomendaciones de manejo para el control de la erosión. La susceptibilidad a la erosión de algunos suelos aumenta conforme aumenta el grado de erosión. De este modo la fase erosionada de un tipo de suelo puede estar sujeta en forma mayor a erosión adicional que fases no erosionadas. Es simplemente imposible establecer reglas generales para definir las fases de pendiente más allá de aquellas dadas en las definiciones de las clases mayores de pendiente del suelo, a las cuales nos hemos referido ya. El clasificador de suelos necesita considerar todas las características del tipo de suelo y toda la información disponible acerca de su forma de responder al manejo y debe hacer la definición de modo que las unidades cartográficas tengan la información y predicciones más específicas.

Debe también considerar las limitaciones prácticas que se encuentran en la realización del trabajo del levantamiento de suelos. Simplemente no es práctico en el levantamiento, tratar de lograr exactitudes entre 1 ó 2 por ciento de pendiente en tierras quebradas o boscosas; ni tampoco es práctico tener diferencias menores en la definición de las fases de pendiente para suelos similares. El jefe del levantamiento no puede contar con que sus ayudantes recuerden un número enorme de tales distinciones y las represente con exactitud.

Es importante que las distinciones de pendiente entre series, tipos y fases concuerden con las condiciones naturales de la pendiente del suelo. En la parte Noreste de los Estados Unidos, por ejemplo, la línea entre las clases de pendiente B y C se acerca al 8 por ciento en muchos suelos. La mayor porción de las áreas de suelo de unos pocos tipos en esta región cae debajo del 3 por ciento de pendiente y el resto tiene límites que van del 6 al 10%. Con tales suelos, la línea divisoria de 8% tendría como resultado que un gran número de áreas de suelo con gradientes únicamente un poquito bajo 8% estarían clasificados en la clase B e igualmente un gran número de áreas similares un poco sobre el 8% serían colocados en la clase C. Las diferencias en interpretación de las fases definidas en esta forma no tendría significación valedera, parcialmente de-

bido a lo impracticable de medir las pendientes con esa exactitud. De este modo los límites de las fases de pendiente del suelo deben ser establecidos a 3 y 6%, con: 1º) áreas menores de 3% de pendiente, 2º) áreas con 3 a 6% de pendiente y 3º) áreas con más de 6% de pendiente hasta el límite superior permisible para el tipo de suelo.

En el establecimiento de todas las unidades, y tal vez más especialmente al establecer las fases, el clasificador debe recordar siempre que el objetivo final es producir un mapa de suelos que pueda ser interpretado claramente en el pronóstico de posibilidades de adaptación de cultivos y prácticas de manejo. En las regiones húmedas se usan los suelos en tres grupos principales de uso: Cultivo, pastoreo y uso forestal, colocadas en el orden de su intensidad decreciente. Los límites entre las áreas de suelos que tienen diferentes potencialidades para esos usos deben ciertamente ser interpretados desde un mapa de suelo. La pendiente es un factor importante en la definición de esos límites.

Se requiere un poco de estudio de la pendiente del terreno, anterior a la definición exacta de los tipos y fases en términos de la pendiente. Las definiciones de las clases deben primero satisfacer los requerimientos de interés a los objetivos del levantamiento de suelos. Deben definirse en tal forma que se las reconozca con facilidad en el campo. Con las unidades definitivamente establecidas, el porcentaje de la pendiente debe determinarse por medio de un nivel de mano (Fig. 24) u otro instrumento apropiado. Cuando se ha determinado la variación de pendiente de la unidad, se agregan los límites en porcentaje a las definiciones de cada unidad cartográfica y se usan como criterio para la diferenciación durante toda la ejecución del levantamiento de suelos.

En la correlación final de levantamientos de suelos detallados, las fases de pendiente se designan como subdivisiones de los tipos de suelo. En adición a los nombres de fase ya esbozados, usualmente es útil agregar los límites de la pendiente. Inicialmente, cuando una fase de pendiente de un tipo de suelo se extendía sobre dos o más clases de pendiente del suelo se seleccionaba generalmente al más extensivo como típico para el tipo de suelo y se omitía la designación fijada en el nombre de esa unidad. Este procedimiento hace difícil interpretar el mapa de suelos cuando se consulta únicamente la leyenda a menos de que las cifras de la pendiente también sean dadas, ya que la pendiente típica en algunos casos tendría la pendiente mínima mientras que en otros, la máxima. Es más, en el mapa se mantiene el nombre del tipo para dos unidades: 1) el tipo de suelo completo con todas sus fases y 2) una fase pendiente dentro de un tipo. El nombre del tipo de suelo debe mantenerse, tanto en el mapa como en el informe para el tipo completo con todas sus fases. Esto no quiere decir, sin embargo, que se deba siempre agregar la palabra "fase", la cual puede omitirse del nombre de la unidad en todo lugar donde ello se pueda hacer sin menoscabo de la claridad.

La clasificación de las pendientes proporciona denominaciones para pendientes simples y complejas. Usualmente la distinción entre éstas es inherente a la definición de la serie de suelos. La separación de fases dentro de un mismo tipo de suelo, con la misma clase de pendiente, pero una con pendiente compleja y la otra con pendiente simple, únicamente debe intentarse en levantamientos altamente detallados para propósitos especiales.

Fases de suelos erosionados

Las diferencias significativas producidas por erosión acelerada dentro de las unidades naturales de clasificación de suelos, —tipos series, familias y grandes grupos de suelos— son reconocidas como fases erosionadas del suelo. En donde la erosión ha destruído las características esenciales del perfil del suelo, el área es desde luego clasificada dentro de alguna otra unidad, por ejemplo algún tipo misceláneo de tierra.

Las condiciones causadas por la erosión normal o natural, características de la unidad de suelos, no se muestran por medio de fases sino que constituyen una parte de la definición de la unidad natural. Las fases erosionadas no se usan para indicar la susceptibilidad a la erosión o peligro de erosión pués ésta es una cualidad que depende del conjunto completo de las características que definen la serie de suelos.

Tanto la determinación de la erosión en el campo como la definición de las clases de suelo erosionadas se explican en la sección que trata sobre Erosión Acelerada del Suelo. La utilización de estas clases, que se describen en las páginas 346 - 356 dentro de las unidades taxonómicas y cartográficas, depende de su significación para el uso y manejo de cada tipo de suelo individual. En su mismo tipo la mayor parte de los suelos con erosión clase 1 por ejemplo, no son significativamente diferentes en requerimientos de capacidad de uso y manejo de aquellos no erosionados. Sin embargo, con unos pocos tipos que tengan "sola" delgados sobre material fuertemente contrastante u horizonte "A" sobre capas duras (hardpan) o arcillas endurecidas (claypan), la clase de erosión 1 puede ser significativa, si todos los factores son favorables para el uso intensivo y algunos de ellos han sido cambiados por la erosión.

El principio importante que debe guiar el establecimiento del número de fases erosionadas y sus definiciones, es la necesidad de reconocer diferencias representables en las capacidades de uso del suelo, ya causadas por la erosión, sin crear más fases de las necesarias, para mostrar estas diferencias. Si parece luego que una fase provisionalmente establecida tiene las mismas recomendaciones de uso y las mismas estimaciones de producción para los mismos cultivos que otra fase o para el suelo sin erosionar, tal fase debe ser eliminada y deben revisarse las definiciones con el fin de incluirla junto con una unidad cartográfica similar. El principio es el mismo que se usa en la inter-

pretación en fases de las clases de pedregosidad o de pendiente. Las definiciones de las fases deben ajustarse en tal forma que los límites en los mapas se separen: 1) áreas de suelo de capacidades de uso distintas y 2) —áreas de suelo de manejo y requerimientos diferentes.

Las clases descritas en las páginas 346 - 356 han sido desarrolladas después de una vasta experiencia con tipos de suelo ampliamente diferentes. Dentro de las definiciones generales, deben desarrollarse definiciones específicas para cada tipo de suelo. En cualquier área donde se realice un levantamiento de suelos, aparecerán desde luego varios tipos que tienen fases erosionadas definidas en forma similar.

Los símbolos que se usan en la leyenda para áreas significativas de fases erosionadas demasiado pequeñas para ser delimitadas, se muestran en las láminas de símbolos estandar y que se explican en la sección sobre Erosión Acelerada del Suelo. La definición de cada símbolo debe hacerse en tales términos que incluyan tanto las condiciones como el área que cada uno representa.

Para una gran parte de los suelos arables, las fases de erosión se definen en términos de las clases de suelo erosionado. Para levantamiento de suelos muy detallados estas fases pueden subdividirse si acaso hubiere necesidad de ello. Algunas veces se necesita más bien combinarlas en complejos para el establecimiento de unidades cartográficas.

Erosión hídrica. Las fases de erosión hídrica de suelos erosionados son los siguientes:

Fase ligeramente erosionada: (4) Se usan únicamente para unos pocos suelos en donde la erosión ha cambiado el suelo suficientemente como para requerir un conjunto de cambios en las prácticas de manejo usadas en el suelo no erosionado, que aunque pequeños son significativos al fin de lograr una producción sostenida. Esta erosión es usualmente llamada Clase 1.

Fase moderamente erosionada: (5) Se usa en donde la erosión ha cambiado un suelo hasta tal punto que requiere un conjunto de prácticas de manejo diferentes del conjunto usado para los suelos no erosionados (o de la fase ligeramente erosionada, si ha sido establecida) pero en donde la erosión no ha cambiado la capacidad de uso del suelo para cultivo, pastos o bosque. Se hace la distinción por medio de la comparación de las prácticas de manejo necesarias para los efectos de la erosión, con las prácticas necesarias para prevenirla en los suelos no erosionados. Usualmente esta es la Clase 2, pero algunas veces, especialmente con suelos Esqueléticos, se combinan las Clases 2 y 3.

---

(4) La palabra "fase" puede ser omitida del nombre, a menos que sea necesaria para claridad.

(5) La palabra "moderadamente" se omite, a menos que sea necesaria para diferenciar entre esta fase y otras fases erosionadas.

Fase severamente erosionada: Usada en los suelos en donde la erosión ha alterado tanto el suelo que: 1º tiene una capacidad de uso diferente, digamos pasto en vez de cultivos o bosque en vez de pastos o cultivos ó 2º necesita tratamiento drástico, tal como métodos muy cuidadosos de labranza y fertilización sustancial y tal vez terraceamiento o cultivo a nivel con o sin necesidad de rellenar pequeñas cárcavas, para ser mantenido en el mismo grupo de uso que los suelos no erosionados. La distinción se guía por la comparación de las prácticas de manejo necesarias para prevenir la erosión en el suelo no erosionada. Esta es la erosión comúnmente denominada Clase 3, raramente clase 2 ó 4 y algunas veces la 2 y la 3 combinadas.

Tierra con cárcavas: Esta fase se usa para tierras en las cuales el perfil del suelo ha sido destruído excepto en pequeñas manchas entre las cárcavas profundas, manchas que no son útiles para cultivos ni pastos sin recuperación extensiva. Este tipo de tierra puede ser subdividido por pendientes y por clases de suelo o material originario en donde éstos sean de significación. Por ejemplo: Tierra con cárcavas, material del suelo Decatur o Tierra de pendiente con cárcavas, material calcáreo.

Erosión Eólica o Barrido del suelo por el viento: Las fases de suelos erosionadas por el viento son las siguientes:

Fase erosionada por el viento: El viento ha removido el suelo hasta tal punto que se requiere el uso de un conjunto de prácticas de manejo diferentes de aquellas necesarias para el suelo no erosionado. Su grupo de capacidad de uso no ha sido sustancialmente cambiado. Si hubiera sido originalmente capaz para uso en cultivos, puede aún serlo siempre que se use el manejo adecuado. Usualmente esta erosión se le denomina Erosión Eólica Clase 1.

Fase severamente erosionada o barrida por el viento: El viento ha barrido el suelo hasta tal punto, que puede ser usado para cultivos únicamente si se le trabaja extensivamente de nuevo y si se usa un nuevo conjunto de prácticas de manejo, diferentes a aquellas usadas en el suelo sin erosionar. Puede ser utilizable para pastos permanentes o bosque, lo cual depende del clima y de las otras características edáficas Usualmente esta es la erosión eólica Clase 2

Tierra barrida por el viento: El viento ha removido casi todo el sólum. La tierra está estéril o casi estéril. Usualmente no puede ser usada para cultivos si no se le somete a nivelación extensiva y manejo especial; pero se pueden dar árboles o pastos estabilizadores, lo cual depende del clima y de las demás características del suelo. Usualmente esta es la erosión eólica Clase 3 (ver bajo el título Tipos Misceláneos de Tierra).

Deposiciones.—Las fases para mostrar las deposiciones de material son las siguientes:

Fase cubierta: El depósito de material removido por el viento y dejado sobre el suelo es suficientemente grande para influir sobre el manejo, pero no tan grande como para destruir las características esenciales de las series de suelo. Tal suelo toma el nombre de su clase textural del material superior del suelo y no del material depositado (ver clase 1ª, páginas 354 - 355).

Fase de montículos eólicos: Los depósitos eólicos recientemente depositados sobre el suelo yacen en forma de montículos o montecillos que alteran marcadamente los requerimientos de manejo del suelo pero no borran las características esenciales de la serie de suelo (ver pág. 355, Clase 2ª).

Fase de deposición: Depósitos suficientemente gruesos de erosión hídrica yacen sobre el suelo e influyen significativamente sobre los requerimientos de manejo pero no son lo suficientemente profundos para destruir las características de la serie de suelo. Tal suelo toma su nombre de la clase textural de los materiales superiores y pueden ser llamadas **fases de deposición, fases arenadas o fases de deposición rocosa.** Ordinariamente esta clasificación no es necesaria en suelos Aluviales muy jóvenes.

Fases pedregosas y rocosas

La pedregosidad y la presencia de rocas son discutidos en detalle en la Sección sobre Textura del Suelo, Fragmentos Gruesos, Pedregosidad y Presencia de Rocas. Los fragmentos gruesos son reconocidos como parte de los nombres de clase de los suelos. Las clases de pedregosidad y rocosidad son distinciones de fase. Con el fin de reducir el tamaño del nombre, los términos que indican estas fases se agregan como complemento a los nombres de la clase textural. Las relaciones entre las clases de pedregosidad y rocosidad y entre ellas y algunas fases, se establecen en el cuadro 5, página 296.

En los párrafos siguientes se enumeran las fases para los tipos de suelos cuyas características son tales que excepto la pedregosidad y la rocosidad, son aprovechables para uso intensivo. Algunas fases pedregosas incluyen también clases para rocosidad y fragmentos gruesos de 7.5 a 25 cms. de diámetro y en donde la separación de clases individuales no sirven a un propósito de uso.

Fase pedregosa: Piedras suficientes para interferir con las prácticas de cultivo, pero no tantas como para hacer impracticable el laboreo de cultivos escardados. Usualmente esta es la clase 1 de pedregosidad en estudios detallados. En suelos que tienen fragmen-

tos gruesos, pedregosidad y rocosidad juntos, si la distinción entre ellos no es importante, la fase pedregosa puede tener algo de las tres condiciones.

Fase muy pedregosa: Hay suficientes piedras para hacer el laboreo de cultivos escardados impracticable, pero siempre y cuando las otras características del suelo sean favorables, no imposibilitan las prácticas necesarias para cultivos de heno o pastos mejorados. Corrientemente esta es la clase 2 de pedregosidad. En suelos que tienen fragmentos gruesos, pedregosidad y rocosidad, si las distinciones entre ellos no tienen importancia la fase muy pedregosa puede tener algo de las tres condiciones.

Fase extremadamente pedregosa: Piedras en cantidad suficiente para hacer impráctico el uso de maquinaria, excepto para maquinaria liviana en donde otras características de suelo lo hacen especialmente favorable para cultivo de pasto mejorado. En suelos que tienen fragmentos gruesos, pedregosidad y rocosidad, si las distinciones entre ellos no son importantes, la fase extremadamente pedregosa puede tener algo de las tres condiciones. Si las demás características del suelo no son especialmente favorables para pastos mejorados, la tierra de pedregosidad clase 3 se incluye como tierra pedregosa —un tipo misceláneo de tierra— más bien que como fase de un tipo de suelo.

Si las características del suelo son tales que este no es apropiado de ningún modo para cultivos en hileras, puede omitirse toda distinción entre las clases 0, 1 y 2 de pedregosidad y hacer la descripción de las variaciones de pedregosidad en la definición del tipo. Para tales tipos de suelo generalmente no será necesario establecer fases de pedregosidad las condiciones del suelo pueden ser expresadas adecuadamente permitiendo que el tipo de suelo, como unidad cartográfica incluya las clases de pedregosidad 1 y 2 y que la tierra pedregosa incluya las clases 3 y 4.

Los mismos principios se aplican en la interpretación de rocosidad en las fases rocosas, las cuales son la siguientes:

Fase rocosa: Exposición suficiente de roca como para interferir con la labranza pero no suficiente para impedir el cultivo de cosechas en hileras. En suelos aprovechables para cultivo, esta es la clase de rocosidad 1.

Fase muy rocosa: Exposiciones de roca suficientes para hacer el cultivo de cosechas en hileras impráctico, pero no la labranza requerida por cultivos de heno o pastos mejorados, si las otras características del suelo son favorables. Para suelos adaptables a heno, esta es generalmente la clase de rocosidad 2.

Fase extremadamente rocosa: Afloramientos de roca suficientes para hacer todo uso de maquinaria impráctico, excepto para maquinaria liviana ahí en donde otras características de suelo sean especialmente favorables para pastos mejorados. Tal fase es usada únicamente para suelos que respondan altamente, los cuales tengan rocosidad clase 3. Si las otras características no son favorables para pasto mejorado, se incluye la tierra como Tierra rocosa y no como fase de tipo de suelo.

La capacidad de uso del suelo, tal y como sucede con la pedregosidad, debe ser considerada cuando se utilizan las fases mencionadas. Cuando otras características diferentes a la rocosidad no son favorables al uso del suelo, para cultivos o pastos mejorados no se deben hacer distinciones entre las clases de rocosidad 0, 1 y 2; en este caso la clase 3 se incluye junto con la 4, como Tierra Rocosa. La presencia de pequeños afloramientos rocosos se muestra por medio del símbolo estandar. En cada levantamiento se debe definir la extensión que cada símbolo representa en el mapa.

Fase en relación con la profundidad del suelo

Las fases en relación con la profundidad del suelo se distinguen por variaciones en la profundidad total del perfil, incluyendo al horizonte C si existe, sobre la roca matriz u otro material rocoso claramente contrastante y lo cual es significativo en cuanto al uso y manejo del suelo. Las clases de profundidad corrientemente usadas son las mismas que las que se emplean en la separación de series de suelos, tal y como ha sido establecido en la primera parte de esta sección, página 377.

Inicialmente los nombres se relacionaban en forma absoluta a tipos individuales de suelos. Así las fases superficiales de tipos normalmente profundos, resultaban ser más profundos que las fases profundas de tipos de suelo normalmente superficiales. Para evitar confusión a los lectores de los mapas, se reconocen clases amplias de profundidad, dentro de las cuales hay suficiente flexibilidad para fijar límites de profundidad en los lugares significativos y darle a los términos, a pesar de ello, su significado corriente cuando se les use sin referencia a las descripciones detalladas. El significado específico de las fases de profundidad del suelo, en términos del uso y manejo, puede ser interpretado, sin embargo, únicamente dentro de la definición del tipo.

El establecimiento y la definición de cada fase de profundidad de suelo debe hacerse en términos específicos dentro de la definición de la serie y dentro de las guías generales establecidas en la página 377. No se puede esperar que una serie o tipo cubra el total de las variaciones. No deben usarse fases de profundidad para representar diferencias entre unidades naturales que están implícitas en sus definiciones como tipos o series. Los nombres y definiciones de las fases son las siguientes:

Fase muy poco profunda: Es la parte menos profunda de una unidad edáfica poco profunda (6), con 13 a 25 cm. de profundidad.

Fase poco profunda: Es la parte de una unidad de suelo típicamente más profunda (o más superficial) que tiene más de 13 a 25 cms. de profundidad pero menos de 51 a 76 cms. de profundidad.

Fase moderamente poco profunda: Es la parte de una unidad de suelo, típicamente más profunda, que tiene más de 51 a 76 cms. y menos de 76 a 127 cms. de profundidad.

Fase moderamente profunda: Es la parte de una unidad de suelo, típicamente menos profunda, que tiene más de 51 a 76 cms. de profundidad pero menos de 76 a 127 cms. de profundidad.

Fase profunda: Es aquella parte de la unidad de suelo típicamente menos profunda, ésto es con: 1º) más de 76 a 126 cms. de profundidad pero menos de 126 cms. ó 2º) más de 76 a 126 cms. de profundidad.

Fase muy profunda: La parte de una unidad de suelo típicamente muy profunda, esto es con más de 151 cms. de profundidad. Ordinariamente esta fase es innecesaria.

A la par de las definiciones de las variaciones en profundidad de las unidades taxonómicas, cualquier inclusión necesaria se menciona en la descripción de la unidad cartográfica. Como ejemplo se puede citar el caso de como una unidad cartográfica (aquí el nombre de la serie) franco limoso, fase profunda, puede contener pequeños porcentajes de suelos moderamente profundos y superficiales.

Fases del espesor del suelo

Al lado de cualquier variación en la profundidad del suelo hasta los materiales inconformes y a las diferencias debidas a la erosión acelerada, algunas áreas de unas pocas unidades de suelos tienen horizontes A más delgados o gruesos que los típicos. En donde tales diferencias dentro de cualquier tipo de suelo u otra unidad son significativos para el uso y manejo del suelo, se indican como fases. No se dan clases de variación. Cada fase necesita ser definida específicamente en relación a la parte típica de la unidad de suelo. El espesor de los horizontes específicos o grupos de horizontes deben ser definidos Aquí de nuevo se advierte al clasificador no usar fases de espesor para diferencias insignificantes o para suelos que pudieran ser clasificados como series separadas o como variantes. Las fases y definiciones de las fases de espesor son las siguientes:

Fase gruesa: Es aquella parte de la unidad de suelo que tiene un horizonte A1 o A, significativamente más grueso que el típico.

(6) En la categoría de: tipo, serie, familia o gran grupo de suelo.

Fase delgada: Es aquella parte de la unidad de suelo que tiene un horizonte A1 o A, significativamente más delgado que el típico.

Fase de sólum grueso: Es aquella parte de la unidad de suelo que tiene un sólum significativamente más grueso que el típico.

Fase de sólum delgado: Es aquella parte de la unidad de suelo que tiene el sólum significativamente más delgado que el típico.

Otras fases

Además de las descritas se usan una pocas fases adicionales, pero menos comúnmente. Los levantamientos de suelos viejos, publicados, no pueden ser usados como guías, ya que anteriormente muchos suelos eran indicados como fases, algunos con nombres casi raros y los cuales se indican hoy como serie de suelo separadas o como variantes.

Fases de drenaje.—Pueden ser usadas como subdivisiones entre aquellos suelos cuyas unidades se extienden sobre dos o más clases de drenaje tal y como se establece en la sección de Forma del Terreno, Relieve y Drenaje páginas 151-230. Las clases de drenaje son guías para el establecimiento de todas las unidades y cualquier fase de drenaje debe estar conforme con esas definiciones y se les debe dar los mismos nombres que los dados a las clases específicas de drenaje del suelo. El uso de las fases del drenaje se reduce a los suelos relativamente jóvenes, especialmente los Aluviales, en los cuales las diferencias en drenaje no se reflejan en las otras características diferenciales del suelo.

Fases drenadas.—Son usadas en aquellas áreas de una unidad taxonómica que tienen drenaje mejorado hasta por dos o más clases de drenaje, establecido por procesos naturales recientes o por estructuras de drenaje y acompañado por cambios muy pequeños, o por ningún cambio, en las otras características diferenciales del suelo.

Fases fisiográficas.—Estas fases son algunas veces necesarias para distinguir entre suelos dentro de una unidad taxonómica que de otro modo son similares pero que tienen relaciones diferentes con el agua freática o con inundaciones, no expresadas ya por la pendiente. En una profunda cobertura de "loess" sobre terraza gravosa, los suelos pueden haberse deasrrollado como los formados sobre una capa profunda de "loess" en un área cultivada. Si el primero tiene un abastecimiento de agua mucho mejor en la grava subyacente profunda, puede ser necesario separarlo como una fase de terraza.

Más comúnmente se hacen distinciones en suelos Aluviales con el fin de separar aquellas partes que puedan ser más o menos susceptibles a inundación que el suelo típico; las separaciones se hacen como fases bajas, de fondo o fases altas, de fondo. Algunas veces se necesita una fase de abanico de suelos típicamente desarrollados sobre terrazas o en tierras de fondo para indicar las diferencias importantes en problemas o en recursos de agua.

Fases quemadas.—Estas fases son usadas para áreas de suelos orgánicos en lo cuales se ha quemado buena parte de la superficie que altera características de importancia para su capacidad de uso.

Fases cubiertas de limo.—Estas fases son usadas en áreas irrigadas de unidades de suelo sobre las que se ha depositado en la superficie suficiente cantidad de limo, más o menos en forma uniforme a través de la deposición de aguas sucias de riego, el cual altera su capacidad de uso, aunque no tanto como para reconocer una nueva serie.

La variante del Suelo

Variante del suelo, es una unidad taxonómica muy relacionada con otra, por ejemplo una serie y de la cual se diferencia en por lo menos una característica diferenciadora al nivel de serie y de la que deriva su nombre, modificado por el rasgo diferenciador. Muchas de las llamadas fases en los viejos levantamientos de suelos se tienen hoy día como variantes de acuerdo con la definición anterior. Las variantes son en realidad series de suelos separadas, pero de extensión conocida muy pequeña para justificar el establecimiento de una nueva serie. Así un suelo puede ser reconocido y definido como una variante en un área de estudio y ser más tarde designado como una serie separada si se encuentra que tiene una extensión importante.

La variante es una unidad conveniente que permite al clasificador evitar el establecimiento de series separadas para suelos de menor extensión y aún así permite su definición como una serie, en la forma detallada requerida. Esta unidad nos permite mantener estrictamente la regla de que cada descripción de serie debe comprender todos los tipos y fases que existen dentro de ella. Desafortunadamente, esta regla no se observó en algunos levantamientos de suelos, especialmente en lo concerniente al establecimiento de las fases, que incluían suelos ubicados fuera de la definición de la serie. Una confusión muy seria era inevitable, especialmente al usar las series como base para el agrupamiento en familias u otras categorías más altas.

En los levantamientos de suelos más viejos, por ejemplo, el nombre de Hayden franco, fase oscura, era usado para lo que debía ser llamado Hayden franco, variante oscura. El Hayden franco es un suelo Podzólico Pardo Grisáceo desarrollado sobre residuos glaciares calcáreos como aquellos de los cuales se ha desarrollado el grupo Clarion de las Praderas. Esta variante es un suelo de transición entre los dos, tanto que se encontró luego que era suficientemente importante para reconocerlo separadamnte como Lester franco.

Otros ejemplos de variante son los siguientes: Chastain franco limoso, variante fosfática; Angie franco areno arcilloso, variante calcárea y Bosket franco arenoso muy fino, variante superficial de pendientes suaves.

Estas variantes no son suelos dentro del tipo nombrado, sino desviaciones específicas de ellos. Algunas de las variantes pueden ser reconocidas más tarde como series.

La Familia de Suelos

En el momento de preparar este Manual, la categoría "familia de suelos" está todavía en proceso de definición y desarrollo. No es posible definir la categoría con precisión ahora, a pesar de lo cual se presentan principios provisionales y criterios desarrollados hasta el momento para que sirvan de guía a aquellos que tengan necesidad de usar esta unidad.

El propósito de la categoría es hacer claras las similitudes y diferencias entre los suelos a un nivel intermedio entre el gran grupo de suelos y la serie. Esta categoría se necesita hoy más urgentemente debido a que el número de series se está haciendo demasiado grande para permitir recordarlas todas individualmente; y el gran grupo de suelos es demasiado heterogéneo para que pueda ser usado para alcanzar una multitud de objetivos. La familia de suelos debería constar de series de suelos similares, y todas las series dentro de una familia deberían pertenecer al mismo gran grupo de suelos.

Los criterios usados para diferenciar entre las familias de suelos deben ser seleccionados entre aquellas características que se hacen homogéneas entre los grandes grupos de suelos y las series. Dado que las características diferenciales van acumulándose desde las categorías más altas hasta las más bajas, los criterios usados para diferenciar entre las series de suelo, deben incluir los criterios que distinguen la familia de suelos de todas las demás categorías superiores a las series. Los criterios diferenciales de las familias por ésto, deben ser tomados de aquellas características que se acumulan entre esos dos niveles: el gran grupo de suelos y la serie.

Las series de suelos son descritas en términos de las características de horizontes individuales, pero ninguno de ellos puede ser usado sistemáticamente para definir la serie o una clase de cualquier categoría, debido a que el significado de cada uno depende de su

combinación con los otros. El suelo completo, con todos sus horizontes debe ser definido como una unidad. Ni el horizonte A ni el B por sí mismo definen un Podzol. Generalmente el gran grupo de suelos puede ser definido en términos de clase y secuencia de los horizontes principales A y B —incluyendo todas las subdivisiones como parte del todo. El Podzol, por ejemplo, se define en términos de un horizonte "A" ácido, fuertemente lixiviado, descolorido y el horizonte "B" subyacente con su forma característica de acumulaciones de hierro y materia orgánica. Abajo del gran grupo de suelos, las características como el grado de expresión de estos horizontes principales, clase de arreglo de sus subdivisiones y mineralogía del suelo se acumulan como características diferenciales al nivel de las series. Es de características como éstas, que deben extraerse los criterios diferenciales para la categoría de familias.

Las primeras aproximaciones al agrupamiento por familias han sido hechas para suelos de Iowa, New York, California, Hawaii y el Valle del Tennessee. En esas diversas regiones de suelos, una combinación de tres o más de los siguientes criterios ha dado, tentativamente, subdivisiones satisfactorias de los grandes grupos de suelos considerados:

1.—Clase y secuencia de los horizontes dentro de los horizontes maestros que definen los grandes grupos de suelos. Estos identifican los conceptos centrales de los grandes grupos de suelos y de grados intermedios entre ellos, tal como los horizontes modales de grados intermedios entre Podzólicos Pardo-Grisáceos y suelos Gley Húmicos.

2.—Grado relativo de diferenciación de horizontes —el grado de expresión de los horizontes maestros que son característicos del gran grupo específico de suelo.

3.—Mineralogía del sólum-diferencias mineralógicas mayores asociados con materiales parentales fuertemente contrastantes, distribución de partículas por tamaño o clase de arcilla, pero dentro de los límites de un gran grupo.

4.—"Tamaño" relativo del sólum —tal como la diferencia en espesor del sólum no asociado con el grado de expresión de los horizontes maestros.

Los criterios 1 y 2 proveen homogeneidad de clase, secuencia y grado de expresión de los horizontes. Parece que los criterios 3 y 4 desde el punto de vista del nivel de abstracción deben colocarse abajo de ellos. En las agrupaciones de prueba hechas, muchas de las características dejadas entre los niveles de serie y familia fueron primeramente funciones del material originario no reflejadas en los criterios anotados arriba.

Aunque la función primaria de la familia es la de ayudarnos a recordar características y a ver relaciones entre las series de suelos,

tienen otros usos que son importantes. Las familias deberían estar constituídas en tal forma como para que pudieran ser usadas como clases primarias para subdivisiones en agrupamientos técnicos con el fin de lograr los objetivos de la ciencia del suelo aplicada. Sería útil, por ejemplo, el que cada familia pudiera ser subdividida en fases, sobre la base de tales características como pendiente, pedregosidad y grado de erosión, que suministraran grupos suficientemente homogéneos para generalizaciones útiles acerca del uso del suelo y los requerimientos de manejo. Si las propiedades como pendiente o pedregosidad varían ampliamente, uno no puede precisar acerca del uso y manejo del suelo en una familia o una serie y ni aún de un tipo, tomados como unidad. Para precisión, debe subdividirse el tipo en fases sobre la base de pendiente y criterios similares; se debería ser capaz también de lograr un grado moderamente alto de precisión para objetivos aplicados, por medio de la subdivisión de grupo de series de suelos en una manera similar. En el Valle del Tennessee y en Hawaii se ha hecho un esfuerzo para definir la categoría de la familia de suelos en un grado de generalización que permita su uso para ese propósito.

Dos sistemas alternativos de nomenclatura de la familia de suelos son posibles. En uno a la familia se le podría dar un nombre geográfico, tal como con las series. La familia podría llevar el nombre de una de las series de suelos constituyentes. Tales nombres no son connotativos y pueden ser confundidos con el nombre de la serie respectiva dentro de la familia. Como una segunda alternativa, se pueden acuñar nombres, preferiblemente connotativos. Sílabas combinadas que son connotativas de los criterios sugeridos pueden juntarse para formar nombres acuñados. Esto ha sido hecho tentativamente para algunos suelos, pero la utilidad del esquema y su claridad para aquellos que usan los mapas de suelos son aún inciertos.

Unidades taxonómicas combinadas

Las unidades taxonómicas individuales no siempre se pueden mostrar separadamente en los mapas detallados de suelo y usualmente nunca en los mapas de suelo de reconocimiento, exploratorios, generalizados o esquemáticos, a escala pequeña. En los estudios de reconocimiento con mapas a escalas mayores, pueden mostrarse algunas de las unidades taxonómicas, en forma separada. Dependiendo de la escala del mapa y su propósito, el mapa de suelos a menudo es más fácil de leer y comprender si se muestran en él grupos de suelos más que diseños intrincados de unidades taxonómicas. Muy raramente el agrupamiento de acuerdo con la similitud taxonómica reduce la complejidad de los linderos entre los suelos. La unidad cartográfica debe definirse en términos de combinaciones delineables de unidades taxonómicas asociadas geográficamente, definidas en términos de las

propiedades de las unidades taxonómicas individuales y sus disposiciones **en el terreno.**

A tales grupos se les denomina generalmente **asociaciones de suelos.** En levantamientos de suelos detallados los miembros taxonómicos separados de las asociaciones de suelos, se representan individualmente siempre que lo permita la escala, o si no, se levantan como **complejos de suelos.** Para evitar confusión, el uso del término "complejo de suelos" se limita, en la leyenda de los levantamientos detallados a asociaciones cuyos miembros no son cartografiables individualmente. Las unidades taxonómicas separadas de la mayor parte de las asociaciones no son representables en levantamientos de suelos de escala pequeña. Ya que tanto las asociaciones de suelos como los complejos forman sus nombres por la unión con guiones de los nombres de dos a tres unidades taxonómicas principales, en los estudios detallados de reconocimiento que tengan ambas unidades, para evitar confusiones se debe agregar la palabra "complejo" o "asociación" a las unidades cartográficas que contengan dos o más unidades taxonómicas.

Al lado de estas unidades cartográficas en ciertas ocasiones se necesitan otras para la representación de unidades taxonómicas de suelos similares que no están geográficamente asociadas. Tales unidades son denominadas **grupos indiferenciados** y los nombres se forman por la combinación de las denominaciones de las unidades con la conjunción **"y".**

La asociación de suelos

La asociación de suelos es un grupo de unidades taxonómicas nombradas y definidas, asociadas por lo regular geográficamente, según una distribución proporcional y definida. Es la unidad cartográfica principal en todos los mapas de escala pequeña, incluyendo levantamientos de suelos originales y mapas compilados. En mapas de suelos de reconocimiento hechos a escala relativamente grande y en áreas bien conocidas, las asociaciones se definen en términos de las mismas clases de unidades taxonómicas tal y como se hace con las levantadas individualmente o en complejos en los levantamiento de suelos detallados —series, tipos, fases y variantes. En los mapas a escalas mayores, únicamente se pueden dar los nombres, proporciones y definiciones de las series de suelos. En mapas a escala pequeña, grandes grupos de suelos, familia o subdivisiones de los grande grupos de suelos, de acuerdo con el material originario, con fases para relieve y pedregosidad, pueden ser las unidades menores que se definen dentro de la asociación individual.

Los niveles de agrupamiento y los límites de homogeneidad usados en las definiciones de asociaciones varían ampliamente con el propósito del mapa. Estos se esbozan ligeramente en los siguientes **párrafos numerados.**

1. **Unidades al nivel de granja.**—Las asociaciones de suelos son definidas en términos de combinaciones de tipos y fases de suelos que permiten pronosticar las potencialidades de las unidades agrícolas completas, ya sea existentes o en perspectiva que puedan ser creadas por subdivisión de la tierra o por consolidación de parcelas existentes. Tales pronósticos incluyen los sistemas de labranza adaptados, los principales problemas de uso y manejo del suelo y la productividad de fincas de varios tamaños.

Este es el nivel de abstracción de mapas de asociaciones de suelos ordinariamente requerido del jefe del levantamiento de suelos. Los mapas de asociaciones de suelos a niveles de abstracción más altos algunas veces son útiles.

2. **A nivel de vecindario rural.**—Las asociaciones de suelos se definen en términos de combinación de series de suelos, y de fases en donde ellas sean significativas, que permitan pronósticos relativos a pequeños grupos de fincas o fincas potenciales, incluyendo sistemas de labranza o forestales, densidad potencial de fincas individuales y los problemas de mayor alcance en cuanto a uso y manejo del suelo en el área.

3. **A nivel de comunidad rural y centro comercial.**—Las asociaciones de suelos se definen en términos de combinaciones de familias de suelos o subdivisiones de grandes grupos de suelos y de fases, en donde éstas sean significativas, que permitan predicciones acerca de los recursos y posibilidades de comunidades rurales existentes o propuestas y de centros de comercio, en cuanto a las posibilidades del suelo para uso en cultivos, pastoreo y forestal; las posibilidades para la organización y desarrollo de la comunidad rural; y los problemas de mayor alcance en cuanto a uso y manejo del suelo.

La definición de una asociación específica de suelos consiste de la definición de las unidades taxonómicas que la constituyen, sus proporciones y distribución. En levantamientos de suelos de reconocimiento, es necesario someter a pruebas y definir las asociaciones y descripciones tentativas de suelos por medio de un levantamiento detallado de áreas muestras representativas.

A continuación se dan ejemplos de nombres de asociaciones:

1. Grandes grupos de suelos:
   Podzol-Suelo Turboso
   Podzol-Suelo semiturboso (acumulaciones calcáreas)
   Chernozem (Loess)- Solonetz-Aluvial.
2. Series:
   Miami-Crosby-Brookston
   Iron River-Adolf.
3. Series y tipos misceláneos de tierra:
   Iron River-Rock land- Peat.
4. Tipos de suelos:
   Kennan -Freer franco limosos.

5. Fases: Keenan- Freer franco limoso pedregosos Kennan- franco limoso pedregoso, Adolf franco limoso pedregoso- quebrado.

Las asociaciones de suelos desarrolladas de una clase de material originario pero diferentes en características debido a diferencias en relieve y drenaje, reciben el nombre de catenarias. Por ejemplo, la Catena Miami es una asociación de suelos de las cuales la serie suelos en la posición normal es la Miami, perteneciente al grupo Podzólico Pardo-grisáceo, junto con otras series que pertenecen a diferentes grupos de suelos integrados entre sí y derivados de materiales originarios similares.

El complejo de suelos

El complejo de suelos es una asociación cuyos miembros taxonómicos no pueden ser separados individualmente en los levantamientos de suelos detallados. Los complejos son unidades cartográficas, no clases en el sistema de clasificación. A los complejos no se les debe dar nombres de series separadas; ellos son mezclas de suelos y no pueden ser definidos en términos de perfil modal y variaciones de él. Muchos de los suelos Solonetz y Solonchak se encuentran como manchas dentro de otros suelos y los dos asociados están íntimamente mezclados de modo tal que las áreas que ocupan pueden únicamente mostrarse como complejos, aún en mapas muy detallados. Las disposiciones intrincadas de suelos Turbosos y Semi-Turbosos con suelos asociados de tierras altas deben ser representadas como complejos.

Los constituyentes taxonómicos de una unidad de suelo pueden ser fases de suelos de diferentes tipos, tipos de suelos de las mismas series, de diferentes series o aún de dos o más series.

El nombre del complejo debe estar compuesto por los nombres de los constituyentes principales unidos por un guión. Si las clases texturales con el nombre del tipo, o los nombres de las fases, son los mismos para ambos constituyentes, el nombre combinado puede ser acortado por medio del uso del plural. Por ejemplo, un complejo de Odessa franco limoso y Schoharie franco limoso puede ser designado como Odessa-Schoharie franco limoso. Esta es una unidad en la cual se comprenden las variaciones completas de ambos tipos de suelos. Si únicamente una de sus fases está comprendida, como por ejemplo las fases de pendiente suave de ambos, el nombre vendría a ser Odessa-Schoharie franco-limosos, fases de pendiente suave.

En partes de los Estados Lacustres del Norte, se representan disposiciones intrincadas de Arenas Rubicón, Arenas Saugatuck, Arenas Newton y Rifle "peat" como complejo Rubicon-Rifle. El nombre de los miembros finales en este complejo, sugiere claramente la presencia de los dos integrados. En la región de suelos Castaños, el

suelo Solonetz-solodizado Rhoades, domina tanto el complejo en asociación con otros suelos, que la unidad se denomina simplemente complejo **Rhoades.**

Para definir un complejo en el informe del levantamiento de suelos se necesitan las mismas definiciones de las unidades taxonómicas tal y como si hubieran sido levantadas individualmente, además de la disposición o arreglo proporcional que ellas tienen en el complejo. Estas descripciones de complejos se mejoran cuando se les anexa un mapa bien detallado de una pequeña área representativa.

Los datos físicos y químicos obtenidos en el laboratorio pueden ser interpretados únicamente en relación con la unidad taxonómica, pero los resultados de lotes experimentales y de los campos de cultivo de fincas pueden ser interpretados en términos del complejo como unidad. Las estimaciones de producción, tasas productivas y requerimientos de manejos se dan para el complejo total.

El grupo indiferenciado de suelos

Ocasionalmente, puede ser mejor mostrar como unidad cartográfica, dos o más unidades taxonómicas similares que no ocurren en asociaciones geográficas regulares. Tales grupos son denominados **grupos indiferenciados de suelos.** Estas unidades cartográficas se denominan en términos de sus unidades taxonómicas constituyentes, conectados los nombres por la conjunción "y". En algunos levantamientos de suelos las diferencias entre fases inclinadas de dos tipos de suelo de la misma serie o de series similares, por ejemplo, pueden no ser significativas debido a que la pendiente es tan importante que supera las otras características en términos del objetivo del levantamiento. Como ejemplo específico podemos tomar las series Howard y Palmyra, ambas pertenecientes al grupo Podzólico Pardo-grisáceo sobre materiales glaciares de "outwash". Las dos tienen susbstratos calcáreos, pero el material calcáreo aparece cerca de 50 cms. más profundo en los suelos Howard que en los Palmyra. En las terrazas casi a nivel, esta diferencia en la profundidad del material es de significación, pero en inclinaciones de más de 30%, la pendiente supera bastante la importancia de la profundidad del material calcáreo, de modo que la separación entre los dos suelos tiene poca significación en tales pendientes. Así es como las fases pendientes del Palmyra franco y del Howard franco limoso y del Howard franco pueden ser incluídas en un grupo indiferenciado de suelos como Howard y Palmyra franco y franco limoso, fases pendientes. Otros ejemplos los encontramos en: los suelos orgánicos Spaulding y Greenwood; Cloquet y Gogebic franco arenosos; Clarion franco limoso y Nicollet franco arcillo limoso; Clarksville y Fullerton franco cuarzosos, fases pendientes; y en Clarksville franco pedregoso, quebrado, y Fullerton franco cuarzoso, pendiente.

Tales combinaciones pueden quedar establecidas en las leyendas del levantamiento de suelos, pero ordinariamente es mejor hacer la separación en un estudio detallado, especialmente si sus capacidades de uso son inciertas. Dado que los tipos individuales no se encuentran corrientemente juntos, su combinación economiza poco tiempo en el levantamiento, y a veces ninguno. Sin embargo, se les puede combinar más tarde en el mapa publicado, si se encuentra que sus diferencias son insignificantes. La posibilidad de tales combinaciones en el mapa publicado no debe entusiasmar al jefe del levantamiento para el establecimiento de muchas unidades cartográficas con vista a una combinación posterior. Si al comienzo del trabajo se encuentra que cualquier símbolo es innecesario, debe eliminarse, y a las áreas levantadas se les debe poner los símbolos apropiados. Si el levantamiento tiene ya mucho tiempo de haber comenzado, los símbolos deben aparecer en la leyenda pero su uso posterior debe eliminarse. El hacer un gran número de combinaciones en la compilación de mapas, incrementa enormemente el costo.

Aunque el uso de grupos de suelos indiferenciados reduce el tamaño de la leyenda y del informe del levantamiento de suelos, puede no reducir significativamente el número de líneas sobre el mapa o la cantidad de tiempo requerido en hacer el mapa. El uso de complejos y asociaciones de suelos como unidades cartográficas en vez de unidades taxonómicas individuales, sí reduce el número de los linderos a trazar.

Tipos Misceláneos de Tierras

Los tipos misceláneos de tierras se usan en la clasificación y levantamiento para áreas que tienen poco o nada de suelo natural, o que son casi inaccesibles para su examen ordenado, o donde por otras razones, no es posible clasificar el suelo. En el trabajo práctico de levantamiento, su reconocimiento y definición dependen parcialmente del detalle requerido para los objetivos del estudio. Ellos son denominados en primer lugar según la forma de la tierra y en segundo lugar por el material. Un tipo misceláneo de tierra puede ser parte de un complejo que incluya uno o más tipos misceláneos o partes de un complejo que tenga uno o más tipos de suelo. Areas pequeñas de tipos misceláneos de tierras, como afloramientos rocosos por ejemplo, pueden mostrarse por medio de símbolos específicos. Debe evitarse el uso de fases de tipos de tierras misceláneas. Algunos clasificadores tienen la inclinación de hacer separaciones innecesarias entre tipos misceláneos de tierras, parcialmente debido a que las diferencias, aunque insignificantes para los propósitos del levantamiento son obvias.

Las definiciones aceptadas para clases y sub-clases de tipos misceláneos de tierras, se dan a continuación:

Tierra Aluvial, consiste de áreas de aluvión no consolidado, generalmente estratificado y de textura ampliamente variable, depositado recientemente por corrientes y sujeto a cambios frecuentes

por inundación. Las subclases incluyen: **Tierra aluvial arenosa, Tierra aluvial gravosa, Tierra aluvial guijarrosa, Tierra aluvial pedregosa y Tierra aluvial de cantos rodados.** Varios de estos tipos pueden incluirse en una unidad cartográfica y denominarse **Tierra aluvial mezclada**. Los "playones de río" son Tierras aluviales, esencialmente estériles, comúnmente arenosas, que quedan expuestas a lo largo de las corrientes cuando bajan las aguas y sujetas a traslado durante las aguas altas normales.

Aunque sometida a cambios por inundaciones periódicas, la Tierra **Aluvial, excepto** los Playones de río, han permanecido suficiente tiempo para que las plantas se establezcan. Los depósitos son muy recientes como para que exista un perfil desarrollado, aunque el material puede estar moteado. El drenaje es variable y a menudo se encuentran pozos superficiales. Aunque los bosques pueden crecer en ellas, la **Tierra Aluvial** tiene poco valor agrícola a menos que se la nivele y proteja de las crecientes. Los **Playones de río** tienen muy poca o ninguna vegetación. Si es necesario se pueden reconocer subclases como **Playones de río** (arenoso y **Playones de río** (guijarroso). **Los playones de río** no tienen valor agrícola.

Algunas áreas clasificadas antiguamente como "suelos Aluviaviales, indiferenciados" debían ser clasificadas como complejos de series o tipos de suelos Aluviales definidos, tal como "Eel-Sloan franco limosos" por ejemplo, o como **Tierra Aluvial.**

Badland es aquella tierra muy pendiente y casi estéril, ordinariamente no pedregosa, quebrada por numerosos canales de drenaje intermitentes. El **badland** es más común en regiones áridas y semiáridas, en donde los riachuelos se han atrincherado a sí mismos en materiales geológicos suaves. El relieve local generalmente va de 7.5 a 150 metros.

El escurrimiento superficial es muy alto y la erosión geológica activa. **El Badland** no tiene prácticamente valor agrícola, excepto pequeñas áreas de suelo con algún valor para pastoreo lo cual puede incluírse en la unidad cartográfica. El relieve es similar al de la **"Tierra escabrosa quebrada",** la cual tiene una cobertura de vegetación.

Playas, son costas arenosas, gravosas o guijarrosas, lavadas y relavadas por las olas. La tierra puede estar parcialmente cubierta por el agua durante las mareas altas o durante períodos tempestuosos. Las "playas costeras" ocurren a lo largo de las costas de océanos y mares; las **"playas lacustres"** se encuentran a lo largo de las costas de los lagos o de grandes lagunas. Las **"Playas viejas"** son aquellas que no están siendo lavadas y retrabajadas por las olas y que retienen su forma original. Las sub-clases incluyen a las "playas costeras (arenosas)" y a las "playas costeras (guijarrosas)". Las "Playas" soportan muy poca o ninguna vegetación y no tiene valor agrícola, aunque pueden ser fuente de arena y grava.

Tierra barrida por el viento: (Blown-out land), consiste de áreas de las cuales el viento ha removido la mayor parte de mate-

rial del suelo condición que resulta de un grado extremo de erosión eólica. Estas áreas son depresiones superficiales que tienen piso plano, o irregular formado por capas más resistentes, por una acumulación de guijarros o cantos rodados, o por exposición de la capa freática. Algunas áreas tienen una pequeña proporción de montículos o pequeñas dunas. La tierra es estéril o casi estéril y generalmente inútil para cultivo. Areas ocasionales de **"Tierras barridas por el viento"**, desarrolladas de arenas flojas profundas, se incluyen junto con dunas adyacentes en **"Tierras dunosas"**. Las áreas pequeñas de **"Tierras barridas por el viento"** se muestran por medio de símbolos.

Tierra coluvial, incluye áreas de coluvión reciente no consolidado —un depósito heterogéneo de material de suelo, fragmentos rocosos o mezclas de los dos— acumulados en la base de pendientes, principalmente por gravedad. Las subclases de **Tierra coluvial** se denominan de acuerdo con la clase textural dominante o clase de material rocoso, por ejemplo, Tierra coluvial pedregosa y Tierra coluvial pedernalina. Las unidades cartográficas para **Tierra coluvial** comúnmente incluyen áreas pequeñas de suelos que se deslizaron y aluvión local.

Tierra coquina, consiste de fragmentos de conchas, principalmente de almeja coquina, con cantidades menores de caracol, ostra y otros moluscos de concha. Esta Tierra no es de uso para cultivo, pero comúnmente soporta unos pocos árboles. Este material ha sido usado para construcción.

Canales y bancos de residuos, incluye áreas de tierra ocupadas por canales y por los bancos de desperdicios rocosos y materiales producidos por la excavación de canales. A menudo este tipo de tierra puede mostrarse únicamente por medio de símbolos.

Botaderos, son áreas de acumulaciones irregulares, o montones, de desperdicios rocosos. Las subclases incluyen: 1) **"Botaderos de minas"** que son áreas de desperdicios rocosos con muy poca o ninguna separación provenientes de minas de mineral y carbón, canteras y fundiciones; 2) **"Remociones ocasionadas por minería hidráulica"**, son áreas en las cuales el suelo original ha sido modificado, volteado o removido durante la operación de minería de lavado, dejando una superficie irregular o rugosa, erosionada y llena de cicatrices y 3) **"Desperdicios"** —son áreas de escombros gruesos de los cuales se han extraído los materiales más finos durante procesos mineros.

Comúnmente los botaderos están tan íntimamente asociados con los fosos, que se necesitan complejos de **Fosos y Botaderos** o de **Fosos mineros y botaderos.** Los **Botaderos** constituyen un tipo misceláneo de tierras que tienen muy poco o ningún valor agrícola. En donde se les empareja y nivela, estas tierras son clasificadas como "Tierras hechas". Las áreas que son muy pequeñas para ser delineadas en el mapa, se muestran por medio de símbolos.

Tierra dunosa, consiste de colinas o lomas de partículas del tamaño de la arena, arrastradas y amontonadas por el viento y en constante movimiento o tan recientemente fijadas o estabilizadas que no se han desarrollado horizontes de suelo. Las **"Tierras de dunas activas"** están aún en movimiento y las **"Tierras de dunas estabilizadas"** son aquellas que han sido fijadas por la vegetación. Algunas de las áreas levantadas en el pasado como **Tierras de dunas estabilizadas,** deben ser clasificadas y denominadas como suelo. En algunos lugares se asocia a las **Tierras sopladas** con las **Tierras dunosas,** aunque en la práctica del levantamiento las áreas ocasionales de **Tierras barridas por el viento** desarrolladas en arena suelta profunda, se incluyen en **Tierra dunosa,** como son las zonas de arenas movedizas que existen entre dunas o sobre las pendientes.

Tierra con cárcavas, es aquella tan cortada recientemente por cárcavas que no es arable y en la cual los perfiles han sido muy destruídos. En donde es necesario, se pueden hacer separaciones basadas en la pendiente dominante de la superficie original, como por ejemplo, **"Tierra de pendiente con cárcavas".** Puede o no puede ser posible convertir tierra con cárcavas en tierra arable por medio de nivelación, lo cual depende de la clase y profundidad del material del suelo. A menudo es útil indicar la clase de material de suelo existente, como: **Tierra con cárcavas (Material de suelo Ruston)** o **"Tierra con cárcavas (materiales arenosos profundos ácidos").**

Kitchen middens, son sitios en donde hubo hogares aborígenes; consisten de mezcla de materiales edáficos, conchas o fragmentos de moluscos, cenizas, carbón, artefactos y unas pocas piedras y huesos. Estos lugares generalmente son un poco más altos que las tierras adyacentes y en algunas partes forman promontorios distinguibles. Muchos son tan pequeños que se pueden mostrar en el mapa únicamente por medio de símbolos.

Derrumbes, son masas de fragmentos rocosos, suelos, u otros materiales no consolidados, los cuales se han deslizado pendiente abajo en tiempo recientes, junto con las superficies desgarradas por tales movimientos. Una forma común de derrumbe es el deslizamiento brusco de suelo —el deslizamiento lento de una masa de suelo, o de varias masas subsidiarias, usualmente con un poco de rotación hacia atrás, sobre ejes más o menos horizontales paralelos a la pendiente. Estos derrumbes de material edáfico tienen comúnmente una sección transversal irregular cóncava-convexa, o sigmoidal, con grandes resquebrajaduras. La superficie puede tener la apariencia de gradas o pequeñas terrazas de banco en una pendiente. Materiales del sólum inferior o substrato son expuestos en forma de cicatrices en los lugares en donde la masa del suelo cedió de su posición original. Los hundimientos son comunes en algunos suelos arcillosos de tierras altas, particularmente en pendientes fuertes situadas en la vecindad de fallas recientes o a lo largo del contacto de formaciones geológicas diferentes. El deslizamiento se realiza durante o después de largas lluvias o cerca de canales de riego y puede ser acompañado por tierra que fluye. Los deslizamientos de movimiento rápido —de es-

combros o aludes de escombros húmedos— pueden ser peligrosos y causar daños.

Deposiciones de lava, incluyen áreas cubiertas con lava solidificada, comúnmente basaltos. Estas deposiciones son geológicamente recientes, especialmente las regiones húmedas. La mayor parte de los depósitos de lava tienen superficies dentadas, grietas y bloques angulares, aunque unas pocas tienen superficies relativamente lisas. Pequeñas cantidades de materiales edáficos pueden haber caído dentro de las hendiduras y bolsas cubiertas o protegidas. La vegetación se limita a líquenes, cepas ocasionales de pastos y árboles y arbustos esparcidos. Con algo más de suelo, este tipo se convierte en **"Tierra de lava rocosa".** Las **"Deposiciones de lava"** no tienen valor agrícola y debido a su superficie comúnmente irregular y a la escasa vegetación, el ganado evita estos parajes.

Rellenos, consisten de áreas rellenadas artificialmente con tierra, basuras o ambas, y luego emparejadas.

Las áreas de terreno estabilizado, con características claramente desarrolladas o aún aquellas con suelos jóvenes, si son definibles y suficientemente uniformes para ser representadas, y especialmente si son arables, deben ser clasificadas como suelos, aunque originalmente hubiese habido la intervención del hombre.

Capas de Marga, incluye áreas en donde la marga (un depósito terroso en desmenuzamiento que consiste principalmente de carbonato de calcio mezclado con arcilla u otras impurezas) está expuesta o se encuentra a unos pocos centímetros de la superficie. La marga usualmente se forma en lagos o lagunas. El carbonato de calcio puede haberse originado de resíduos calcáreos tales como plantas de chara (marga de chara), de conchas de molúscos (marga de conchas) o por simples precipitaciones de soluciones. Estos bancos comúnmente son una buena fuente de cal agrícola.

Pantanos, consisten en áreas húmedas, periódicamente inundadas y cubiertas predominantemente por gramíneas, eneas, juncos u otras plantas herbáceas. Las subclases incluyen los **Pantanos de marea,** periódicamente inundados por las mareas; **Pantanos de agua fresca,** los cuales son influídos por agua dulce y no por agua de marea; y **Pantanos de aguas salinas,** los cuales están influídos por agua salada pero no por la marea. Los pantanos de mares pueden subdividirse en **Pantanos de mares (salinos)** y **Pantanos de mares (no salinos).** Los **Pantanos de marea** pueden estar asociados con **Llanuras de marea.** Los **Pantanos de agua salada** generalmente se encuentran en llanuras salobres, a lo largo de valles con riachuelos. Los **Pantanos** están principalmente cubiertos con gramíneas y plantas parecidas a las gramíneas, mientras que en las ciénagas se desarrollan árboles.

Deposiciones de mina, consisten en acumulaciones de materiales arenosos, limosos o arcillosos recientemente erosionados en operacio-

nes mineras. Las **deposiciones de minas** comúnmente se originan en áreas de **minas desprovistas de vegetación.** Se diferencia del material de textura fina (Slickens) que se separa en la minería de lavado o de molienda. Las **Deposiciones de mina** pueden taponar corrientes y dañar la tierra en donde se depositen.

Tierras de desperdicios petroleros, son tierras en donde se han acumulado los desperdicios aceitosos líquidos. Este tipo de tierra miscelánea incluye las fosas de fango aceitoso y **tierras altas** advacentes y fondos afectados por los desperdicios líquidos. principalmente agua salada y aceite. Esta tierra es inapropiada para propósitos agrícolas, aunque algunas pueden ser **recuperadas.**
Fosos, son excavaciones abiertas de las cuales se ha removido el suelo y material subyacente. Se reconocen varias clases que incluyen: **Fosos de préstamo para rellenos, Fosos de arcilla, Fosos de grava, Fosos mineros. Canteras, Fosos de arena y minería de descortezamiento (superficial).** Comúnmente los **Fosos** y los **Botaderos** están muy asociados, lo que hace necesario mostrarlos en el mapa en forma de complejos, como **Botaderos** y **Fosos** o **Fosos de mina y Botaderos.** Los fosos muy pequeños para delinear en el mapa se muestran por medio de símbolos.

Depresiones estériles, (playas desérticas) son hoyas estériles, planas, generalmente secas, sin drenaje y en regiones áridas o semiáridas. Pueden contener agua de poca profundidad por períodos cortos a intervalos poco frecuentes. Muchas de ellas son saladas.

Tierra con rocas, consiste de áreas que tienen suficientes afloramientos de roca como para hacer que las demás características del suelo queden prácticamente anuladas. El límite superior de los afloramientos rocosos es de 90% del área levantada, y a menos que las otras características coloquen la tierra en otro tipo misceláneo, se toma el límite inferior en 25%. Puede ponerse la palabra "con roca" en los nombres de tipos de tierra, cuando los afloramientos únicamente abarcan el 3% del área. por ejemplo **"Tierra pedregosa con rocas o Tierra irregular quebrada y Tierra con rocas.** En donde un área levantable contiene más del 90% de afloramientos rocosos, el total es clasificado como **Afloramiento rocoso.** De acuerdo con la clase de material rocoso, varias clases de **tierra con roca** reciben su denominación, incluyendo: **Tierras con rocas calizas, Tierra con rocas areniscas, Tierra con rocas de lava, Tierra con roca cuarcita y Tierra con roca granítica.** Tales distinciones no son necesarias corrientemente.

Las **Tierras con rocas** pueden soportar un poco de pastoreo liviano. El crecimiento de árboles es usualmente escaso y achaparrado aún en donde las otras condiciones climáticas son favorables. Si un suelo tiene rasgos característicos sobresalientes, a pesar de que tenga más de un 25% de afloramientos rocosos, se puede definir una fase del tipo muy rocosa, con 25 a 50% de afloramientos.

Afloramientos de roca, consisten en exposiciones de roca desnuda. Aunque se necesita muy raramente, se pueden denominar clases de acuerdo con los materiales rocosos, incluyendo afloramientos de greda, de caliza, de arenisca y de pizarra. Comúnmente las áreas de afloramientos rocosos son muy pequeñas para mostrarlas en el mapa, de modo que se muestran con símbolos.

Tierra escabrosa quebrada, consiste en tierras muy pendientes, ordinariamente no pedregosas, surcadas por numerosos canales de drenaje intermitentes. Se usa para pastoreo y maderas. Tiene una cobertura de vegetación, en contraste con los Badlans, los cuales tienen una vegetación muy escasa o les falta totalmente cobertura. Las áreas pedregosas son clasificadas como **Tierras escabrosas quebradas y pedregosas. La Tierra escabrosa quebrada** está profundamente cruzada por valles angostos en forma de "V" y divisorias tortuosas muy marcadas. El relieve local oscila generalmente entre 6,25 y 150 mts. Los deslizamientos de suelo son corrientes y las pendientes fuertes tienen una sucesión de exposiciones cortas verticales o "pie de vaca". El escurrimiento superficial es alto y la erosión geológica activa.

Tierra montañosa escabrosa, se refiere a áreas montañosas, dominantemente pedregosas, que incluyen áreas pequeñas de tierra apropiada para cultivo y en ciertos lugares con tierras de extensión considerable para pastoreo. La **Tierra montañosa quebrada** es esencialmente un complejo de **Tierra escabrosa quebrada** y **Tierra pedregosa,** fases superficiales de suelos no identificados y pequeñas **áreas** de suelos no identificados, aprovechables para cultivo o pastoreo. El relieve local es generalmente mayor de 150 metros. Esta unidad se incluye en las levendas de los mapas únicamente cuando se trata de levantamientos de suelos de reconocimiento.

Tierra de ripio, incluye áreas con el 90% y más de piedras y cantos rodados. Es el extremo de **Tierra Pedregosa,** como las **Tierras con afloramientos de roca** lo son de las **Tierras rocosas.** En estas tierras el suelo prácticamente no está expuesto. Si hubiera algún proposito especial, el nombre de la tierra de ripio puede ser modificado por el nombre de las rocas principales de las cuales se derivan las piedras, como por ejemplo **Tierra de ripio de granito.**

Tierras de escoria, consisten en áreas de lava porosa parecida a la escoria y esquistos quemados y arenisca fina característicos de carboníferos quemados. Aunque comúnmente soporta una cobertura rala de gramíneas, esta tierra es de bajo valor para pastoreo y de ninguno para cultivo.

"Slickens", son acumulaciones de materiales de textura fina separados en la minería hidráulica y operaciones de molienda de minerales. Los **"slickens"** de molienda consisten principalmente de roca recientemente molida y la cual generalmente ha sufrido trata-

miento químico durante el proceso de molienda. Tales materiales pueden ser perjudiciales para el crecimiento de las plantas, pero usualmente están confinados a depresiones especialmente construídas.

Tierra pedregosa, incluye áreas que tienen piedras y cantos rodados suficientes para oscurecer la importancia de otras características del suelo. En el límite superior tenemos el 90% de la superficie expuesta compuesta con piedras el límite inferior, ordinariamente es de 15%, a menos que otros rasgos coloquen la tierra en algún otro tipo misceláneo de tierra. La palabra **pedregoso** puede aparecer en los nombres de tipos de tierra si un 3% o más de la tierra está cubierta con piedras, como por ejemplo, **Tierra escabrosa quebrada y pedregosa.** Las áreas que tienen por encima de 90% de piedras son llamadas **Ripio.** En donde son significativas para uso forestal o pastoreo, las áreas que tienen más del 50% de piedras y cantos rodados son llamadas **Tierras muy pedregosas.** Si un tipo de suelo tiene características prominentes, a pesar de tener más de un 15% de piedras, se puede definir una fase muy pedregosa del tipo de suelo con 15 a 50% del área ocupada por piedras.

La **Tierra pedregosa** puede combinarse con otros tipos misceláneos de tierras para dar, por ejemplo, **Tierra pedregosa aluvial pedregosa coluvial o Tierra escabrosa quebrada y pedregosa.** Si es significativo para el uso, el tipo se puede subdividir en **Tierra pedregosa** de relieve muy suave (Clases de pendientes del suelo A y B), **Tierra pedregosa ondulada** (clases de pendiente del suelo C y D) y **Tierra pedregosa quebrada y Tierra pedregosa escarpada** (clase de pendiente E y F). La Tierra pedregosa puede formar un complejo con **Tierra rocosa** denominado **Tierra pedregosa rocosa.** Las diferencias significativas pueden ser indicadas por medio de la modificación del nombre del tipo para indicar la fuente del material, como por ejemplo, **Tierra pedregosa de relieve suave (Materiales edáficos Hagertown)** y **Tierra pedregosa quebrada (Material edáfico Muskingum).**

Las áreas de **Tierra pedregosa o muy pedregosa** muy pequeñas para ser delimitadas, se indican con símbolos y se definen en relación al área representada con cada símbolo. Si se reconocen en estudios detallados tanto áreas de tierras pedregosas como áreas de tierras muy pedregosas se hace necesario un símbolo diferente para cada una.

Ciénagas, consisten en áreas cubiertas naturalmente por bosques, las cuales en su totalidad o en su mayor parte están cubiertas de agua todo el tiempo. Las **Ciénagas de marea** están influídas por aguas saladas de marea y las **Ciénagas de agua dulce** están influídas por agua dulce, no de marea. Algunas **Ciénagas de marea** tienen una vegetación característica de mangle como sucede a lo largo de la costa **sur de Florida.** En algunos lugares están asociados con

pantanos de marea. Ocasionalmente es significativo indicar las clases dominantes de árboles, como **Ciénagas de marea (mangle) o Ciénagas de agua dulce (cipres).** Las **ciénagas** no son adecuadas para agricultura sin recuperación extensiva por medio de drenaje y diques (estas designaciones se usan limitadamente; la mayor parte de **las Ciénagas** y Pantanos tienen alguna clase de suelo).

Acantilados de terrazas, incluyen frentes de terrazas relativamente parejos y pendientes o muy escarpados. En donde los frentes de las terrazas están divididos por canales numerosos e intermitentes y las diferencias en elevación exceden los 5,25 mts., las áreas deben clasificarse como **Tierra escabrosa quebrada Badland,** más bien que como **Acantilados de terraza.** En donde el proceso de formación de cárcavas ha sido activo, las áreas deben ser clasificadas como **Tierras con cárcavas.** En donde los acantilados de terrazas son especialmente pedregosos pueden ser llamados **Acantilados de terrazas (pedregosos).** Desde luego, muchos acantilados de terraza han desarrollado claramente tipos de suelos, los cuales deben ser cartografiados como tales.

Bajíos de marea, son áreas de barro esencialmente estériles, casi a nivel, periódicamente cubiertas por las aguas de las mareas Las partes más bajas de estas áreas las cubre diariamente el agua; las partes más altas pueden ser cubiertas únicamente durante mareas excepcionalmente altas. Los bajíos constan de materiales limosos y arcillosos, los cuales contienen, en algunos lugares, considerable cantidad de arena muy fina. Normalmente el material tiene un exceso de sales solubles. Cuando la superficie es seca, se resquebraja y puede volverse tan dura como para soportar el peso de un hombre.

Tierra urbana, es aquella en donde la tierra ha sido tan alterada y ocultada por los trabajos urbanos y por las estructuras, que la identificación de los suelos no es posible. Los límites entre suelos deben extenderse en las áreas urbanas hasta donde sea posible hacerlo con exactitud razonable y el uso de este tipo misceláneo de tierra debe restringirse a las partes más densamente construídas de las ciudades.

Tierra muy pedregosa, incluye áreas que tienen desde el 50 hasta el 90% de la superficie cubierta con piedras y cantos rodados. Los mismos adjetivos calificativos se aplican a la **Tierra pedregosa.**

Tierra de ceniza volcánica, consiste en áreas de depósitos casi no modificados de cenizas volcánicas. Este tipo de tierra debía ser reservado para aquellos pocos depósitos de cenizas volcánicas que son tan recientes que tienen muy poca o ninguna evidencia de desarrollo de suelo, con poca o ninguna vegetación.

LA LEYENDA PARA LEVANTAMIENTO DE SUELOS

Una vez que los suelos han sido examinados, identificados y descritos, se prepara una leyenda para el levantamiento. Todo levantamiento de suelos requiere dos leyendas, generalmente desarrolladas al mismo tiempo: 1º) La leyenda para identificación y 2º) La leyenda descriptiva. Teniendo en cuenta que cumplan finalidades diferentes, aún cuando en ocasiones cumplen finalidades que se superponen, ambas leyendas son esenciales y para obtenerse buenos resultados deben ser mantenidas al día por medio de revisión frecuente.

El trabajo de desarrollar y mantener leyendas apropiadas, es tal vez, la tarea más importante del jefe del levantamiento. La calidad de estas leyendas, especialmente de la descriptiva, refleja lo completo y exacto de su estudio, así como el dominio en la comprensión de sus unidades cartográficas. Cuando el jefe del levantamiento comprende a cabalidad sus responsabilidades técnicas y administrativas, las leyendas son claras y están al día. La falta de claridad en la leyenda indica una clasificación pobre y es muy seguro que ello se refleje en una cartografía de los suelos inconsistente. Entre más grande es el grupo de técnicos que realiza el levantamiento, mayor es el peligro. Es necesario que las leyendas sean claras para cada edafólogo de manera que todos tracen los linderos entre suelos en forma precisa cuando trabajan en lugares comparables; así se consigue que las unidades cartográficas sean consistentes a través de todo el mapa.

Tanto el correlator de suelos como cualquier otro científico supervisor deben dar atención muy especial a la leyenda del levantamiento. Tanto uno como otro deben ayudar al jefe del levantamiento a corregir cualquier ambigüedad y deficiencia. Un error pequeño y simple de corregir cuando el trabajo apenas comienza, puede llegar más tarde a constituir un gran problema, al requerir una revisión extensiva del trabajo o un notable aumento del costo del mapa. Deben tomarse precauciones administrativas con el fin de que se dé prioridad de primera clase a la mecanografía de las leyendas de los levantamientos de suelos y a las revisiones que vayan destinadas para uso del conjunto de técnicos que realizan el trabajo.

Ningún miembro del equipo de levantamiento debe realizar el mínimo trabajo de levantamiento mientras que no se le haya entregado una leyenda que incluya, en lo posible, **todos los símbolos de suelos.** Sin embargo pueda que la leyenda esté hecha en su totalidad. Conforme los edafólogos encuentran nuevos suelos o rasgos que no hayan sido previstos en la leyenda, o cuando se encuentre inseguro acerca de la aplicación de cualquier símbolo, debe anotarlo en el mapa y el asunto debe ser puesto de inmediato bajo la atención del jefe del levantamiento. Toda adición o corrección debe suministrarse a todos los edafólogos del grupo, de modo que todas las leyendas sean iguale.s

No se puede hacer una estandarización completa en escala nacional o regional de todos los símbolos.

Si se crearan suficientes símbolos y combinaciones de ellos para mostrar cada necesidad que se presenta en los levantamientos de suelos más detallados, se correría el riesgo de tener símbolos muy largos y difíciles de manejar en las hojas de campo.

Símbolos convencionales

En las láminas del 1 al 5 se ilustran los símbolos estandar para los rasgos naturales y culturales. Casi todos ellos son usados en forma estandar en todo mapa preciso. En los Estados Unidos, el mapa topográfico de la Oficina de Levantamiento Geológico establece los símbolos estandar para la simbolización de los datos básicos en mapas de la escala que se utiliza para cartografía de suelos. Sin embargo se dan algunas alternativas y para los mapas de suelos se necesitan algunos símbolos adicionales. Es así como, aún con un sistema general de simbolización, se hacen diferencias para diversas áreas, tomando en cuenta la escala de los mapas, la naturaleza del territorio y los objetivos del estudio. Los senderos se indican cuando ellos constituyen la única vía de acceso dentro de una región despoblada, pero no se indican en una región ya poblada. Para algunos objetivos, los caminos se clasifican con mayor detalle que para otros. En áreas en donde es muy importante el uso recreacional de la tierra, las cabañas de varaneo deben diferenciarse con claridad de las residencias permanentes.

Una leyenda apropiada para cualquier levantamiento de suelos debe incluir todos los símbolos cartográficos usados en el mapa, seleccionados de los estandares.

Ninguna área en especial los requerirá todos y en algunas partes puede que sea necesario agregar uno o más símbolos especiales para enseñar un rasgo localmente importante, para el cual no se ha provisto un símbolo entre los patrones.

Los símbolos especiales (Láminas 6 y 7) para 'dolinas", cárcavas, manchas húmedas, fases erosionadas, pedregosas, etc., se encuentran entre el grupo de símbolos generales convencionales y los usados para identificar áreas de suelos. Estos símbolos son utilizados

para áreas reducidas, demasiado pequeñas para incluirlas en los mapas dentro de linderos, pero sin embargo, de significación en el uso y manejo del suelo. En la leyenda del levantamiento de suelos es necesario para cualquier área, definir esto símbolos en forma específica, en términos de área y calidad, dependiendo de la escala y de la significación.

Por ejemplo, un símbolo de pedregosidad puede usarse para áreas reducidas de una fase pedregosa, sin necesidad de separarla por medio de una línea divisoria. De acuerdo con el detalle requerido, el símbolo puede definirse con una extensión de (1) 1/8 a 1/4 de hectárea, (2) 1/4 a 3/4 de hectárea, o (3) 3/4 a 1.14 de hectárea. Esto mismo se aplica a todos los símbolos similares. Las manchas pequeñas de fases erosionadas de tipos de suelos, muy reducidas para incluirlas dentro de linderos particulares, pueden definirse en forma similar, con símbolos diferentes, por ejemplo, S y SS para erosión laminar moderada y severa respectivamente.

Estos símbolos para fase o tipos misceláneos de tierras, que contrastan en forma definida con los suelos adyacentes, son especialmente útiles si la extensión total es muy pequeña o si las áreas separadas son muy pequeñas para incluirlas sin exageración dentro de límites particulares. Debe tenerse muy presente que NINGUN símbolo de éstos debe incluirse sin que se le haya definido en forma precisa. En el mapa terminado, cada símbolo debe indicar claramente al lector la naturaleza y área de la tierra que representa.

Identificación de la leyenda del suelo

Cada unidad cartográfica — tipo, fase, variante, complejo, asociación o tipo de tierra miscelánea — tiene un símbolo que se coloca en el mapa para identificar las áreas. Aunque en los mapas publicados se usan generalmente letras,los símbolos básicos para las hojas de campo son en su mayoría números con letras asignadas a las fases.

La leyenda de identificación es una lista de todos estos símbolos y sus nombres, arreglados en forma alfabética y numérica de tal manera que uno pueda ver el símbolo para cada clase de suelo y la clase de suelo que corresponde a cada símbolo.

Cada símbolo permisible— **cada combinación de números y letras**— que se utiliza para identificar áreas en un mapa de suelos, debe ser puesto en lista y debe recibir un nombre. Cuando se hacen subdivisiones extras, por ejemplo fases, para llenar una utilidad especial en las copias fotográficas de las hojas de campo pero que no son para incluir en la compilación final del mapa, pueden ponerse en lista bajo un solo nombre, siempre y cuando las diferencias entre símbolos puedan tomarse con claridad de las descripciones específicas o de una descripción general que se aplique a varios suelos. Por ejemplo, 14A y 14A2 pueden significar ambos un suelo Hun-

tington franco limoso, con pendiente de la clase A, el primero **a nivel,** con pendientes de 0 a 1 por ciento y el segundo **casi a nivel,** con pendientes de 1 a 2 por ciento.

Para los tipos de suelo generalmente se usan números, con letras para las fases de pendiente del suelo y letras o números para las fases de erosión, agregados éstos al símbolo usado para el tipo. Puede ser de mucha utilidad convenir localmente, entre aquellos que deben recordarlos con precisión, una estandarización de símbolos. Algunos se ponen de acuerdo en cuanto al número a utilizar para el tipo de suelo, de modo que el último dígito indique la clase textural, así: 1º) arcila, 2º) franco arcilloso, 3º) franco arcilloso limoso, 4º) franco limoso, 5º) franco, 6º) franco areno fino, 7º) franco arenoso, 8º) arena fina franca, 9º) arena franca y 10º) arena. Es posible que para muchas regiones este esquema no sirva debido a la necesidad de usar más de diez clases texturales. Es más, su uso puede conducir al levantamiento de diferencias insignificantes en la textura de suelo. La mayor dificultad con estas clases de esquemas es la necesidad de usar tres cifras en el símbolo de los mapas de suelos. Cuando todas las unidades cartográficas de suelos pueden ser simbolizadas convenientemente entre los números 1 y 99, se requiere para los símbolos un espacio significativamente menor en el mapa.

Cuando es necesario, el símbolo de la pendiente del suelo: A, B, C, D, E, o F, puede seguir directamente el número correspondiente al tipo de suelo o puede ser la primera letra en el denominador de un símbolo fraccional. Cuando las copias fotográficas de las hojas de campo van a ser usadas por legos en la materia, puede ser útil agregar los símbolos de tipo, incluyendo los que caen totalmente dentro de una clase de pendiente. Esto permite leer en forma aproximada la pendiente sin tener que recurrir a consultar leyenda. Pero cuando las hojas de campo no van a ser usadas directamente, el símbolo de la pendiente puede omitirse de cualquier símbolo si todas las áreas del tipo de suelo caen dentro de una clase de pendiente.

Cuando es necesario usar un símbolo para fase de erosión, generalmente éste sigue al símbolo de la pendiente en el numerador, o se pone de segundo en el denominador de un símbolo fraccional. Pueden usarse letras o números, según sea conveniente. Por ejemplo, el suelo Dexter franco limoso, fase de pendiente erosionada, puede mostrarse 24Cn, $\frac{24C}{3}$ o $\frac{24}{C\text{-}3}$. Entre estos el primero es el más fácil de situar y ocupa un menor espacio.

Los símbolos para fases pedregosas pueden agregarse a los símbolos anteriores, como por ejemplo: 24CnS, o $\frac{24S}{C\text{-}3}$, aunque es de hacer notar corrientemente las fases de pedregosidad y las de erosión no se encuentran en el mismo tipo de suelo. Comúnmente sin

embargo, las fases de pedregosidad se indican con un numeral separado para esta fase del tipo del suelo.

Fases menos comunes, como las de drenaje y de profundidad, pueden a menudo manejarse en forma más conveniente por medio de un número separado tal como suelo 84 Brookston franco arcilloso y 814 Brookston franco arcilloso, fase drenada.

En donde deba levantarse el uso de la tierra, los símbolos deben usarse separadamente, no como parte de la leyenda de suelos. Generalmente es mejor levantar el uso de la tierra en una fotografía separada, especialmente cuando se trata de trabajo detallado. El levantamiento de suelos y del uso de la tierra pueden hacerse sobre el mismo mapa cuando se usan tintas diferentes o cuando los límites entre uno y otros se distinguen usando líneas de puntos para separar el uso de la tierra. A pesar de la posibilidad anterior, tanto detalle en estos mapas los hace muy difíciles de leer en forma precisa y además muy costosos de compilar para publicación.

Para el cartógrafo es mucho más útil disponer de la leyenda arreglada con los nombres de los suelos en orden alfabético, o primero por medio de grupos mayores de acuerdo con la posición fisiográfica o de acuerdo con cuaquier otra base amplia, y luego arreglados dentro de cada grupo por nombre de los suelos en orden alfabético. Para quien utiliza los mapas es más conveniente una leyenda arreglada en forma progresiva, por medio de símbolos, desde el número más pequeño hasta el mayor, con subdivisiones para las clases de pendiente y las fases de erosión u otras fases bajo estos símbolos numerados. Una sección pequeña de una lista de esta clase se leería como sigue:

40Cp	Tippah franco arcilloso limoso, fase quebrada severamente erosionada.
41Dl	Susquehanna franco arenoso muy fino.
41Dp	Susquehanna arcilloso, fase severamente erosionada.
42Bl	Dulac franco limoso.
42Bm	Dulac franco limoso, fase ligeramente erosionada.
42Bn	Dulac franco limoso, fase erosionada.
42Cl	Dulac franco limoso, fase quebrada.
42Cm	Dulac franco limoso, fase quebrada ligeramente erosionada.
42Cn	Dulac franco limoso, fase quebrada erosionada.
42Cp	Dulac franco arcillo limoso, fase quebrada severamente erosionada.
42Al	Dulac franco limoso, fase a nivel.
42Am	Dulac franco limoso, fase a nivel ligeramente erosionada.
43Dl	Cuthbert franco arenoso fino.
43Dn	Cuthbert franco arcilloso, fase erosionada.

Los convencionalismos usados en la leyenda de suelos deben desarrollarse individualmente para cada área, teniendo en cuenta los principios siguientes:

1. El propósito principal de la leyenda de identificación de suelos es servir de clave entre las clases de áreas de suelos y los nombres en la leyenda. Los símbolos deben ser tan cortos como sea posible y aún deben poderse leer después de que han sido copiados fotográficamente. Los símbolos largos fraccionados deben evitarse ya que ellos son difíciles de situar en forma apropiada y de lo contrario deben escribirse con tipo muy pequeño de letra, lo cual afecta su legibilidad. Cuanto mayor sea el número de símbolos que deban colocarse fuera de las pequeñas áreas a que pertenecen, referidos a ellas por medio de flechas, tanto mayores son las oportunidades de confusión y error así como de oscurecer otros símbolos. La experiencia reciente ha mostrado que tanto los consejeros agrícolas como los agricultores encuentran gran dificultad en la lectura precisa de copias fotográficas de hojas de campo cuyos símbolos hayan sido puestos fuera de las áreas a las cuales se aplican y referidos a ellas por medio de flechas. Si se trata de ir más allá del propósito principal de identificación, de modo de desarrollar símbolos connotados, debido al gran número de rasgos edáficos importantes que se presentan, la leyenda puede fallar en su función primaria. Ningún símbolo connotativo puede ser nada más que una simplificación exagerada y su poco valor queda anulado por una legibilidad de los mapas más difícil.

2. Todos los símbolos deben ser definidos y deben recibir un nombre en la leyenda. Cuando el jefe del levantamiento y el correlator de suelos estén dudosos del nombre de un suelo, debe darse al suelo un nombre local (que no haya sido usado anteriormente en correlación). Las separaciones o subdivisiones de los tipos mayores de suelos, es decir las fases u otras unidades, deben recibir un nombre. Los símbolos no deben dejarse a que valgan por sí mismos, especialmente aquellos complicados que únicamente los miembros del equipo que realiza el levantamiento de los suelos pueden leer y comprender. Esto es de la mayor importancia cuando las fotografías de campo van a ser usadas en planificación de fincas por consejeros agrícolas u otros técnicos.

3. La leyenda debe revisarse de tiempo en tiempo y cada vez que ello sea necesario, debe reescribirse de manera que todas las adiciones sean puestas en lugar apropiado. Igualmente importantes es quitar cualquier símbolo de clases de áreas que se esperaba encontrar y que no han aparecido, así como subdivisiones que estudios posteriores hayan revelado como insignificantes. Cuando símbolos como estos han sido usados, deben retenerse en la leyenda completa, pero debe marcárseles como "Fuera de uso", evitando así la posibilidad de que en las hojas de campo aparezcan símbolos no descritos. (Como ejemplo extremo se puede citar el de una leyenda tentativa que preveía 100 símbolos separados que significaban todos exactamente la misma cosa: Tierra quebrada con cárcavas, originada de material calcáreo).

Leyendas de suelos no controladas

Las experiencias más costosas en cartografía de suelos se han debido a leyendas no controladas. Tan grandes han sido los errores, los atrasos inevitables y el costo extra ocasionado por este tipo de leyenda, que ella merece énfasis especial.

La leyenda no controlada es en realidad un medio para evitar el problema de clasificación; ella aplaza el problema pero no lo resuelve. Para obtener informes y mapas útiles es necesaria una clasificación. Cualquier mapa para ser útil, debe tener unidades de clasificación de suelos claramente definidas y nominadas. El momento de hacer la clasificación es antes y durante el levantamiento, pero nunca después.

Por leyenda no controlada se entiende un esquema de simbolización en el cual ciertas clases de rasgos edáficos seleccionados o combinaciones de rasgos, se eligen independientemente el uno del otro y luego se usan en cualquier combinación. Un esquema de esta naturaleza puede proporcionar posibilidades para 25 a 100 "tipos de suelo", por ejemplo, definidos únicamente en términos de perfil (o cualquier combinación arbitraria de rasgos edáficos y cualidades), 6 clases de pendiente; 3, 4 ó 5 clases de erosión, tal vez subdivididas para erosión por cárcavas y laminar, así como otras clases que se crea necesarias para pedregosidad, efectos de erosión eólica, etc.

Si el edafólogo al hacer el levantamiento puede libremente cartografiar cualquier combinación de éstas, muchos cientos y aun miles de unidades cartográficas pueden resultar y los errores y las vaguedades son inevitables. Como se ha destacado repetidas veces en este **Manual,** la significación de la pendiente del suelo, los efectos de la erosión, pedregosidad y condiciones similares dependen de otros factores involucrados en la combinación. Una diferencia de pendiente que puede ser críticamente importante en un tipo de suelo, puede no serlo para otro. Diferencias críticas de pedregosidad para suelos que de otro modo son potencialmente arables no tienen significación en suelos no arables. De esta manera, con tal esquema, el edafólogo puede usar varios símbolos para áreas que podrían mostrarse con uno solo, con un nombre definido y además se ve expuesto a colocar algunos de los linderos equivocadamente; las divisiones de fases de pendientes entre diferentes tipos de suelos, por ejemplo, pueden caer en diversos porcentajes de pendiente.

Además, los edafólogos y en especial los de menos experiencia, tienden a mostrar combinaciones erróneas, combinaciones que no pueden existir, ya sea por error en la escritura del símbolo o por ignorancia de la relación entre los factores. Supongamos, por ejemplo, que por falta de observación apropiada o por no recordar el símbolo correcto, un edafólogo use el símbolo para suelo Brookston franco limoso, el cual es un suelo casi a nivel y de drenaje muy pobre, agregado al mismo tiempo el símbolo para clase C de pendiente

y el correspondiente a erosión moderada. Es indudable que un lector de mapas de experiencia sabrá desde el primer momento que esta situación es imposible. Con tanta clase de símbolos en el mapa, tal vez miles de ellos, es posible que el Jefe del levantamiento no llegue a determinar estos errores. Si todas las combinaciones posibles se revisan y se ponen en lista es posible encontrar que varios cientos de ellas pueden aplicarse cada una a una pequeña área, principalmente debido a errores como el anotado anteriormente.

La fuente mayor de error con la leyenda no controlada sin embargo, proviene del detalle categórico excesivo —la separación de todos los suelos en base a diferencias pequeñas en una o más características,— diferencias que son en realidad significativas únicamente en unos pocos suelos.

Unicamente un edafólogo muy familiarizado con una área particular puede decir, partiendo de un símbolo muy complicado cuales son las verdaderas condiciones; en otras palabras, puede valorar la combinación como una unidad de suelo integrada. La compilación de un mapa de suelos a partir de hojas de campo de esta naturaleza es una tarea enorme ya que un vasto grupo de símbolos debe combinarse y arreglarse en unidades de clasificación. Dibujantes no entrenados en edafología simplemente no pueden hacer el trabajo en forma consistente. Un edafólogo familiarizado con el área debe revisar el total de las hojas de campo y preparar de ahí un mapa manuscrito nuevo para usarlo en la compilación del mapa a publicar. Aún después de todo este trabajo, tiempo y gastos adicionales, es posible que los resultados sean pobres ya que muchos de los linderos no han sido dibujados en los lugares apropiados. Y aún más, el equipo de levantamiento de suelos habrá trazado más líneas de suelos con una leyenda de esta índole que si se hubiera usado una leyenda apropiada. Al respecto hay que recordar que conforme aumenta el número de líneas y símbolos por kilómetro cuadrado, aumentan grandemente las posibilidades de error. Lo deseable es poner únicamente en el mapa las líneas realmente significativas y hacerlo en forma precisa.

Es obvio que las leyendas incontroladas aumentan notablemente el problema de una buena correlación de suelos, ya que en primer término las unidades no pueden sintetizarse, en forma apropiada, en unidades edáficas. La eliminación en masa de unidades insignificantes, como regla a seguir por el dibujante, en general muy raramente es satisfactoria. En donde se necesite tal generalización, únicamente puede ser hecha en forma satisfactoria en el campo y antes de terminar el levantamiento.

Todas las leyendas para levantamientos de suelos deben ser controladas. Todo símbolo— toda combinación de letras y números usados para identificación de áreas— debe corresponder a una unidad específica, con nombre, o susceptible de ser nominada en la clasificación. Es la **combinación** de letras y números lo que constituye

un símbolo de levantamiento y no las partes individuales. Toda nueva combinación de letras y números debe ser considerada por el edafólogo y el jefe del levantamiento, como un nuevo símbolo, tal como si se tratara de introducir en la leyenda un número o letra diferentes. Todo nuevo símbolo propuesto por los edafólogos debe ser considerado de inmediato por el jefe del levantamiento. Todo lo que se agregue a la leyenda debe escribirse en relación con las otras unidades y todas las leyendas deben revisarse en debida forma. Cuando el símbolo propuesto no sea necesario. corresponde al jefe del levantamiento explicar como se debe clasificar el área y porqué.

La leyenda descriptiva de suelos

El jefe del levantamiento de suelos debe preparar, además de la leyenda de identificación de los suelos, una leyenda descriptiva. **La primera obligación** del correlator de suelos o de cualquier otro edafólogo supervisor es ayudar al jefe del levantamieto a hacer el primer esquema de esta leyenda y ayudarle a revisarla de tiempo en tiempo conforme progresa el trabajo.

La leyenda descriptiva sirve como:

1. Guía para cada edafólogo del equipo con respecto a todos los símbolos y para las descripciones de todas las unidades cartográficas, mostrando las relaciones entre unas y otras, como se diferencian entre sí sus relaciones con la fisiografía, geología y vegetación, dando también una valoración tentativa a sus capacidades de uso y requerimientos de manejo.

2. Sumario actualizado del trabajo de investigación y cartografía, que puede cederse a cooperadores, consejeros agrícolas, técnicos en planificación de fincas y otros que necesiten usar el trabajo de campo ya terminado.

3. Guía y registro de la investigación que puede traspasarse a otro jefe de levantamiento en caso de que ello fuere necesario, de modo que pueda continuar adelante con el trabajo sin interrupciones.

4. Esqueleto del Informe del levantamiento de suelos conforme el cual las notas de campo, fotografías, revisiones de literatura y otros materiales se van colectando y ordenando conforme progresa el trabajo.

En realidad es imposible llegar a hacer demasiado hincapié en la importancia de las leyendas descriptivas de suelos. Por su medio el correlator y otros técnicos pueden ayudar al máximo al jefe del levantamiento de suelos. Da además a los otros miembros del equipo, una guía uniforme y al mismo tiempo una guía excelente para hacer sugerencias y adiciones de gran valor al esfuerzo total. A su alrede-

dor con oportunidad de revisión, pueden organizarse conferencias con el personal del equipo. Es sorprendente la estrechísima correlación que guardan la calidad de los mapas finales de suelos con la calidad y actualidad de la leyenda descriptiva de suelos. Es posible que la mayor evidencia de la capacidad de un buen jefe de levantamiento de suelos esté revelada principalmente en una buena leyenda descriptiva. La incapacidad para desarrollar y mantener al día una leyenda apropiada ha sido la causa de grandes atrasos y enormes costos adicionales, especialmente en donde ha habido cambios de jefe de levantamiento.

La forma de la leyenda puede variar, pero debe incluir los apartes más importantes del levantamiento del suelo. Ella es preparada en forma de borradores, después de haber completado por lo menos la mitad del levantamiento de campo. Deben incluirse los siguientes apartes:

1. Leyenda de identificación de suelos —lista de todos los símbolos y nombres de las unidades cartográficas—preferiblemente en orden numérico, en forma tal que se pueda rápidamente encontrar el nombre del suelo perteneciente a cualquier símbolo que aparezca en el mapa.

2. Definiciones locales breves de las clases de pendiente, grupos de suelos, clases de erosión y datos similares.

3. Descripciones de todas las series de suelos, ya sean alfabéticamente o bajo amplios grupos de suelos o grupos fisiográficos. Las descripiciones de series de suelos no deben ser necesariamente tan completas como son las descripciones oficiales de series usadas en correlación, excepción hecha de las series nuevas. A pesar de lo anterior, la descripción de cada serie debe permitir diferenciarla con claridad de cualquier otra serie. Bajo cada serie debe incluirse los nombres y símbolos de cada tipo, fase o variante, con cuaquier descripción que sea necesaria para distinguir uno de otro. Los tipos y complejos de tierras misceláneas deben incluirse en el lugar apropiado y por orden alfabético, o al final y después de las descripciones de cada serie de suelos.

4. Una clave genética para las series de suelos.

5. Un mapa esquemático de asociaciones de suelos, el cual puede ser de mucha utilidad para los edafólogos en áreas de suelos muy diferentes.

6. Sumarios geológicos, de relieve, vegetación y rasgos similares, tal y como lo requiere un informe del levantamiento de suelos; estos sumarios deben prepararse conforme ello va siendo posible.

Además de estos puntos principales, el jefe del levantamiento puede agregar referencias de libros e informes de significación especial para la comprensión de la naturaleza y uso de los suelos en el área que se va a estudiar.

LEVANTAMIENTO DE LAS LINEAS DE SUELOS EN EL CAMPO

Una vez seleccionado un mapa base adecuado, identificadas las unidades cartográficas y preparadas las leyendas, puede iniciarse el levantamiento de los suelos en el campo. En aquellas pocas áreas donde fuera necesario preparar un mapa base para el levantamiento de suelos, es mejor establecer la poligonal fundamental o hacer una cuadrícula antes de iniciar el levantamiento. El levantamiento de rasgos básicos de detalle y la cartografía de los suelos se pueden hacer juntos más tarde.

La mayor parte de las operaciones y requerimientos en el levantamiento de suelos han sido ya tratados como apartes específicos. En este capítulo sólo trataremos unos pocos principios generales.

La cartografía de los suelos es un arte técnico. No debe esperarse que las personas que no tienen un buen entrenamiento en la ciencia del suelo puedan realizar este trabajo en forma adecuada, especialmente aquellas no familiarizadas con las ciencias geográficas (earth sciencies). A pesar de lo anterior, algunas personas muy bien entrenadas, aún algunas que se encuentran sobre el nivel promedio de competencia en clasificación de suelos, no tienen la habilidad de levantar, en forma precisa, **líneas de suelos en el campo.** Algunos pueden aprender en forma lenta mientras que otros son totalmente incapaces de desarrollar esta habilidad. Un edafólogo competente debe ser capaz de resumir lo esencial de la disposición de los paisajes de suelos que se extienden ante él y al mismo tiempo mostrar esta disposición en el mapa y luego, a la inversa, a partir de las líneas y símbolos en un mapa, debe poder visualizar el diseño como se encuentran los suelos que colectivamente representan. Sus líneas y símbolos los dibuja cuidadosamente, son claros y nítidos.

Por sobre todo, un buen edafólogo es aquel que es preciso. Debe mantener uniformidad de estándars y exactitud en su trabajo, tanto en terreno descubierto como en terreno enmontado. Debe entender que los mapas de suelos sin **líneas exactas** — más inventados que

determinados — son mapas de suelos de pobre calidad, sin considerar la clasificación. Ningún hombre de honestidad turbia en investigación debe retenerse en un equipo de levantamiento de suelos. Es demasiado difícil controlar en lugares críticos los resultados que obtenga y los daños resultantes del uso de un mapa de pobre calidad pueden ser muy serios.

Localización de las líneas de suelos

Las líneas entre suelos se localizan en la ruta del edafólogo o poligonal y se esbozan en forma precisa en el mapa base. Las poligonales, recorridas a pié, deben estar suficientemente cerca la una de la otra para poder levantar los suelos entre un punto y otro. En levantamiento de suelos detallados básicos, la distancia mínima entre rutas o poligonales viene a ser entre 200 y 400 metros, lo cual depende de la escala del mapa y de la complejidad de la disposición de los suelos. Aún cuando se efectúen recorridas distantes de 240 a 300 metros una de otra, siempre son necesarias otras recorridas transversales para localizar líneas de suelos y para idenficar los suelos. Aunque las líneas de suelos en realidad no se recorran en su totalidad, cuando se trata de mapas detallados de suelos, **deben mostrarse a partir de observaciones hechas a través de su curso.**

Una vez que se identifican, se ve que las líneas de suelos entre la mayoría de los tipos de suelos, fases y otras unidades cartográficas coinciden con rasgos superficiales observables, tales como el pie de las pendientes, la cresta de un levantamiento, el margen de una ciénaga en la foresta, cambio de color en la superificie, etc. Estas correlaciones entre características superficiales y líneas de suelos, deben ser comprobadas continuamente.

El edafólogo de experiencia establece su recorrido en tal forma que cruce tantas líneas de suelos como sea posible. Comúnmente camina en sentido general, en ángulo recto con el drenaje. Conforme avanza, va dibujando por adelantado, tentativamente, las líneas de suelos tomando como base los rasgos superficiales. Conforme cruza estas líneas de suelos las va verificando y no es sino hasta entonces que los muestra en forma final, colocando el símbolo en el área que va ha cruzado. Los buenos edafólogos comúnmente se regresan para revalorar, antes de mostrar en forma definitiva las líneas de suelos el paisaje que poco antes ha atravesado.

No todas las líneas de suelos están correlacionadas con características externas. Muchas de ellas deben "buscarse escarbando". Por ejemplo, suelos diferentes que varían ampliamente en sus capacidades de uso pueden desarrollarse a partir de depósitos lacustres o aluviales mezclados, los cuales pueden no ofrecer ningún rasgo externo en que se pueda confiar para el levantamiento de las líneas de suelos. Estas deben localizarse con la pala y el taladro. En regiones desérticas y semidesérticas, especialmente, muchas de las líneas de

suelos deben esbozarse desde el principio por medio de excavaciones o perforaciones. En estos casos, las características de los horizontes y capas inferiores, que son de muy poca importancia para la vegetación nativa, pueden a menudo ser muy importantes en cuanto a las potencialidades para riego y a peligros de anegamiento y de salinidad cuando se les pone bajo riego. Aún en el desierto, el edafólogo experimentado, capaz de reconocer las formas de terreno y las especies vegetales en forma precisa, usa los rasgos externos para determinar las líneas de suelos, aunque no se atiene a esto sino que continuamente revisa las líneas de suelos por medio de hoyos o perforaciones con el taladro.

Algunas líneas de suelos están definidas en forma precisa; algunas otras están constituídas por líneas intermedias en las zonas de transición en las cuales un suelo gradualmente se transforma en otro. El establecer unidades de transición entre las unidades cartográficas originales a menudo complica el problema al requerir dos líneas de suelos en vez de una, cada una de las cuales es aún más difícil de trazar satisfactoriamente.

En mapas detallados de suelos que vayan a publicarse a escala 1:31.680 (2 pulgadas igual a una milla ó 1 cm. igual a 316.8 m.), las líneas de suelos deben precisarse dentro de 30 m. por lo menos. Aún más importante es la posición relativa de las líneas de suelos en relación con caminos, corrientes y otros puntos locales de referencia. Aunque una línea de suelo estuviera errada únicamente por 15 m., si está situada al lado equivocado de un riachuelo o de un camino, el error puede ser tan conspicuo que los que utilizan el mapa pueden perder confianza en el trabajo. Los mapas de suelos comúnmente son leídos por referencia a rasgos base. Por ejempo, un hacendado está interesado en los suelos de sus campos, digamos en un campo que se extiende entre un arroyo o cárcava y el camino, y otro del arroyo a la colina, etc. Un ingeniero puede estar interesado vitalmenmente en los suelos que se encuentran justamente en donde el camino cruza el ferrocarril. La corrección en la posición relativa es mucho más importante en un mapa de suelos para la mayoría de sus usos que la exactitud geodésica absoluta.

Aún bajo las mejores condiciones solamente los edafólogos de mayor experiencia pueden estimar con exactitud, distancias mayores de 200 metros. En levantamientos detallados la mayoría debe revisar aquellas estimaciones mayores de 100 metros. Las variaciones en la forma del terreno introducen muchas ilusiones de distancia y conducen a error a los principiantes. Distancias iguales, por ejemplo, vistas sobre el agua, tierra desforestada, tierra enmontada o a través de árboles, no parecen iguales al principiante. La distancia a través de un valle llano parece ser menor que una distancia similar a través de un valle con lomas bajas.

En levantamientos de reconocimientos de suelos, no es necesario observar las líneas de suelos a través de sus cursos, sino que se

muestran ahí donde las líneas de recorrida los atraviesan, pero entre estos puntos de observación, la mayor parte se esquematizan a partir de la apariencia de las aerofotografías y la apariencia general del paisaje. Se necesita una habilidad muy excepcional para interpretar rasgos externos.

En el levantamiento de suelos se reconoce que algunas de las líneas de suelos son más importantes que otras. Debe hacerse hincapié en las líneas de suelos entre suelos muy contrastantes, como por ejemplo, los que separan un suelo húmedo de uno seco, uno muy arcilloso de uno muy arenoso, uno plano de uno cerril y uno pedregoso de otro no pedregoso. Las líneas de suelos que separan colores en el mapa por publicar, son especialmente críticas debido a que ellos comúnmente separan suelos de diferentes recursos y suelos de diferentes requerimientos de manejo.

El esbozo de las líneas de suelos constituye una continua revisión de la clasificación del suelo. Teóricamente es posible desarrollar un buen sistema de clasificación de suelos sin cartografía; a pesar de ello han sido desarrollados pocos sistemas, si es que ha sido desarrollado alguno. Los suelos cubren áreas y por lo tanto las líneas de suelos vienen a constituir parte de la definición. Cuando las líneas de suelos no pueden ser identificados con claridad y similitud por hombres competentes, es obvio que la clasificación requiere revisión. Si el cartógrafo de suelos requiere muchos símbolos y notas suplementarias para describir el área estudiada, además de los que se prevén en la leyenda del levantamiento, la clasificación es inadecuada o las unidades no han sido descritas en forma adecuada en la leyenda descriptiva. Sin la prueba del levantamiento de las líneas de suelos, es muy posible que los clasificadores establezcan unidades cartográficas que en realidad son puntos y no áreas. Unidades cartográficas deficientes pueden establecerse en base a características de la parte inferior del sólum, las cuales no pueden observarse o varían erráticamente. Es más, los primeros borradores de la leyenda del levantamiento pueden sugerir el uso de unidades taxonómicas como unidades de levantamiento, mientras que la experiencia posterior puede demostrar la necesidad de reconocer estas unidades taxonómicas como partes de complejos definidos.

Es posible que la habilidad de concebir la distribución de los suelos, y no un grupo de unidades cartográficas individuales, sea lo más difícil de adquirir por un principiante en levantamiento de suelos. Ninguna habilidad es más importante que ésta. Puesto en forma sencilla, el principiante debe aprender que el suelo total "debe llamarse de alguna manera". Es mucho más fácil escoger un área bien identificada y establecida, encerrarla entre linderos e ignorar el resto. Pero al hacer un mapa de suelos no se están simplemente levantando las unidades individuales sino que más bien está esbozando la disposición como se encuentran las unidades. El límite de una unidad es también el de otra o parte de varias otras. Tanto en las leyendas

como en las instrucciones el jefe del levantamiento y los edafólogos supervisores, siempre deben dar énfasis a las relaciones entre las unidades — no simplemente descripciones individuales detalladas de cada unidad. Para hacer este trabajo eficientemente, el edafólofo debe darse cuenta de cuáles clases de unidades van juntas dentro de unidades geográficamente similares.

Tamaño de las áreas y detalles

Ya se le ha prestado atención a la diferencia entre el detalle referente a las categorías y el detalle de cartografía. Aquí nos vamos a referir a este último. La forma más frecuente de presentarse el problema, es en relación a cuál debe ser el área mínima que amerita ser delineada individualmente. El jefe del equipo debe estudiar este problema y dictar las instrucciones que aseguren la uniformidad del mapa.

Como una norma general, todas las áreas para las cuales se estimen diferentes usos o diferentes sistemas de manejo, deben mostrarse individualmente. Si el hacendado necesita un lindero para el uso efectivo y económico de un área, tal límite debe ser indicado. En regiones de uso muy intensivo del suelo, áreas tan pequeñas como un cuarto de hectárea, media hectárea o una hectárea, deben ser mostradas. En áreas dedicadas a cultivos extensivos inferiores a dos y media hectáreas deben ignorarse a menos que sean extremadamente diferentes de las vecinas.

Muchas de suelo húmedo, escarpado, rocoso o de otro suelo no apropiado para cultivos, deben ser indicados en el mapa si ella se presenta dentro de áreas que por lo demás son aptas para cultivos. Dependiendo de la escala, ellas pueden delimitarse o mostrarse mediante símbolos incluídas en la leyenda y definidos en cuanto a la clase y tamaño del área representada. Así cuanto más importante es hacer la delimitación, tanto menor es el área a ser mostrada individualmente, sin embargo, el tamaño de tales áreas no debe ser exagerado en el mapa; para las que realmente son pequeñas se usan símbolos definidos.

Cuando la distribución de las áreas pequeñas es demasiado compleja para cartografiarlas de modo preciso y también para mostrarlas mediante símbolos, es necesario revisar la leyenda cartográfica con miras a usar complejos como unidades cartográficas.

La siguiente regla debe ser una guía estricta: **Ninguna línea de suelo debe ser dibujada en el mapa si ella no puede trazarse con exactitud.** Entre suelos que gradualmente pasan de uno a otro, la línea puede ser colocada dentro de una amplia faja de transición. Tales líneas ocasionales no son precisas, no pueden serlo; pero son dibujadas después de un examen detallado de los suelos y de los rasgos asociados con ellos.

Hojas Secundarias

Cuando es impracticable llevar al mapa principal poligonales secundarias o recorridos laterales, como sucede en áreas densamente boscosas, se usan hojas secundarias. Los datos de estas hojas adicionales se transfieren al mapa principal tan pronto como ello sea conveniente. Estas hojas deben ser archivadas como parte de material manuscrito original.

Se usan también hojas secundarias para el área completa o parte de ella cuando se desea mostrar datos o diferenciaciones no incluídas en el mapa principal. Su uso debe, sin embargo, estar limitado a necesidades claramente establecidas, ya que ello alarga el tiempo del levantamiento y su costo. Aquellos datos que no estén destinados a ser mostrados en el mapa final a publicar, tales como cobertura, o subfases de la pendiente, pedregosidad o erosión pueden mostrarse en las hojas adicionales cuando algún propósito especial así lo requiera. El tiempo y costo extra ocasionados por el manipuleo de hojas adicionales son menores que cuando se construye el mapa a publicar a partir de hojas de campo altamente detalladas, de las cuals se deben sacar los límites y símbolos que se van a publicar entre muchos que no van a publicarse. Para esto es preferible el uso de papel transparente, parafinado.

Para aquellas condiciones especiales en que el mapa no sea suficientemente expresivo por sí mismo, se deben preparar notas de campo. Estas notas son esencialmente útiles durante el inicio de un levantamiento, cuando no se tiene la leyenda arreglada en forma final. Cuando se hace necesario separarse de la leyenda, el edafólogo debe anotar en el sitio mismo, lo que ha sugerido tal separación, en qué consiste y debe de inmediato, ponerlo en conocimiento del jefe del levantamiento. Como parte de su entrenamiento esencial y con vista a ayudarse en su trabajo de revisión, el jefe del levantamiento debe ayudar a los edafólogos principiantes a aprender a llevar estas anotaciones de su levantamiento. Aún es necesario recordar que la mayor exactitud y precisión se pueden obtener cuando se usan símbolos estándar bien definidos en vez de notas. Cuando para explicar linderos y modificaciones de símbolos es necesaria la utilización de una cantidad copiosa de notas de campo, es evidente que la leyenda no es correcta o que no ha sido comprendida por los edafólogos en debida forma.

Revisión de hojas de campo

Toda hoja de campo debe ser revisada junto con las hojas adyacentes para asegurarse que todas las líneas de suelo y otras demarcaciones se unen en la forma debida y que los símbolos son iguales. Deben también revisarse las hojas por separado para determinar

linderos abiertos, áreas sin símbolos o cualquier otra omisión. Cada edafólogo debe revisar sus hojas, además, ellas deben ser revisadas por algún otro técnico con el fin de asegurarse de que el mapa está completo y que se puede leer con claridad. El jefe del levantamiento debe revisar en el campo en varios lugares, las hojas de cada uno de los técnicos. En especial deben revisar muy cuidadosamente las hojas de los principiantes. El trabajo se puede distribuir de manera que se puedan realizar diariamente comparaciones en los bordes de las hojas, entre lo estudiado por diferentes edafólogos. El correlator o el técnico supervisor responsable de los estándares técnicos, debe revisar símbolos y linderos de hojas seleccionadas al azar.

Finalmente y antes de enviarlas al correlator para su revisión, el jefe del levantamiento debe revisar todas las hojas de campo, incluyendo una revisión para determinar si han sido realizadas las correcciones y repetición de levantamientos requeridos por el correlator de suelos. Las omisiones en el mapa o en la leyenda, o las inconsistencias entre ellos, aumentan enormemente los costos de construcción del mapa y retardan su publicación.

TOMA Y EXAMEN DE MUESTRAS DE SUELO

Además de las carcterísticas edáficas observadas y medidas en el campo se necesitan otras medidas las cuales se hacen en el laboratorio. Desde luego que un suelo no se puede traer en forma total al laboratorio, pero sí parte de él. Características de gran importancia para la clasificación del suelo y su comportamiento, tales como temperatura y organismos vivos no pueden preservarse en las muestras, tampoco se pueden preservar la pendiente, la pedregosidad o el espesor y disposición de los horizontes en el perfil.

El valor del trabajo de laboratorio, para hacer interpretaciones, depende del cuidado que se tenga en la toma de muestras y en una síntesis de los resultados en relación con la morfología encontrada en el campo. La ejecución de trabajo de laboratorio puede ser muy cuidadosa, y sin embargo no ser útil para buenos pronósticos, ya que para ello no bastan estos datos.

La selección de las áreas para toma de muestras ya ha sido tratada en la sección sobre Examen y Descripción de los Suelos en el Campo. Cada muestra de suelo debe ser una buena muestra de un horizonte genético específico o de otra capa que valga la pena muestrear. Las muestras que se colectan de acuerdo con profundidades arbitrarias no relacionadas con factores genéticos, generalmente no tienen ningún valor y no sólo eso, pues si contienen mezcla de dos o más horizontes contrastantes conducen directamente a error. Es dispendioso usar las facilidades de laboratorio y tiempo en el examen de muestras, cuya toma o colección ha sido pobre o en muestras sin descripciones y nombres adecuados.

Se debe agregar también que quien toma las muestras debe tener muy claramente en su mente el propósito que lo conduce a ello. Cuando se trata de medir la presencia de constituyentes que se encuentran en muy pequeñas cantidades, por ejemplo, debe tenerse un cuidado muy particular. Debe también recordarse que las muestras de suelo deben ser fumigadas cuando pasan a través de estaciones cuarentenarias. Para usos ordinarios, al menos, esto puede hacerse sin daño para la muestra y es del todo necesario como precaución contra la propagación de insectos dañinos y enfermedades.

Toma de muestras

La toma de muestras depende del conocimiento que se tenga de los suelos de la región que se estudia y de acuerdo con ello se requieren muestras al comienzo del estudio, durante su ejecución y después de finalizado el levantamiento de campo. En zonas en donde se encuentren unidades taxonómicas nuevas o dudosas, es necesario hacer análisis para establecer los límites apropiados o las oscilaciones permisibles. Muchas de las decisiones en correlación de suelos no pueden hacerse con precisión sin gran trabajo en el levantamiento, pero entre más se pueda hacer al comenzar el estudio, mucho mejor. Una vez que el mapa está muy avanzado, toma trabajo extra en la oficina cartográfica, combinar varias unidades en una. En áreas completamente nuevas, se necesitan, al comienzo, muestras de muchas unidades tentativas de suelos, antes de que se pueda establecer adecuadamente la leyenda.

Los objetivos de la toma de muestras para laboratorio de áreas donde se levantan los suelos son: (1º) determinar las propiedades fundamentales de los suelos en relación con su clasificación como tipos específicos, series, familias y grandes grupos de suelos; (2º) aclarar su génesis y relaciones con el medio; (3º) para comprobar determinaciones de campo y observaciones de textura, pH, sales solubles, carbonatos, permeabilidad, etc.; (4º) para ayuda en la sugerencia de su respuesta a prácticas de manejo; y (5º) para ayudar en la valoración de sus propiedades físicas que influencia su aptitud en cuanto a vialidad, diseño de carreteras y aeropuertos y usos de ingeniería similares. Aunque algunas determinaciones son comunes a dos o más de estos objetivos, se necesitan conjuntos diferentes de determinaciones para cada objetivo. Además del uso que se da a las muestras para análisis de laboratorio, éstas se toman para comparar el color y estructura de los suelos así como para exhibiciones que se usan como ayuda visual en su reconocimiento.

Muestreo

Tal y como Cline (1) ha hecho ver, se toman muestras de volúmenes de suelo y no de áreas. Cada muestra debe representar, hasta donde lo permitan las observaciones de campo, un volumen de suelo homogéneo. En donde sea posible, debe tomarse muestras que representen un volumen y estimar su parámetro. Por medio del uso de pruebas estadísticas pueden determinarse la exactitud y la variabilidad de los resultados. Sin embargo, el uso de métodos estadísticos

(1) Para una excelente discusión acerca de toma de muestras, consúltese la obra de M. G. CLINE, PRINCIPLES OF SOIL SAMPLING. Soil Sci. 58:275-288. 1944. Para una discusión más corta, con referencia especial a toma de muestras para análisis químico, puede consultarse otra obra del mismo autor, METHODS OF COLLECTING AND PREPARING SOIL SAMPLES. Soil Sci., 59:3-5. 1945.

no reduce en forma alguna la necesidad de seleccionar cuidadosamente los sitios en que se deben tomar las muestras en el campo.

No es posible hacer determinaciones separadas en un número muy grande de muestras representativas de los mismos horizontes, excepto para unos pocos suelos importantes y seleccionados. El costo generalmente es muy alto. Sin embargo, para estudios precisos de origen del suelo, se obtienen resultados más exactos cuando se toman varias muestras representativas de cada horizonte que cuando se toman muestras aisladas.

Selección del sitio de toma de muestra.—En vista de que dentro de una unidad cartográfica de un levantamiento de suelos detallado pueden tomarse muestras en uno, dos o tres lugares, estas deben localizarse en forma de que representen la unidad. (Aún cuando se puedan tomar muchos muestras, los lugares deben elegirse al azar únicamente dentro de una unidad taxonómica definida muy detalladamente). Dentro del tipo o fase de suelo, el edafólogo debe ser cuidadoso en evitar preferencias. Los sitios elegidos deben representar las unidades taxonómicas tal y como ellas se encuentran. Tomando en cuenta el largo tiempo que se necesita para manipular las muestras y su importancia en la correlación y análisis, debe concederse bastante tiempo para localización de sitios representativos. El edafólogo nunca debe olvidarse de que mucho del tiempo que se emplea en el laboratorio, en el invernadero y en la parcela experimental, se perderá si él no tiene todo cuidado en tomar muestras representativas de perfiles bien descritos.

Cuando se encuentran perfiles de suelos vírgenes, se les toma muestras para correlación y análisis, a menos de que se estén tomando muestras específicamente para estudio de los suelos cultivados. Cuando se eligen sitios de toma de muestras en suelos vírgenes, se deben evitar los lugares que muestren evidencias de haber sido disturbados, aún cuando ello haya sido sólo superficialmente.

Para estudios de la génesis del suelo, las capas superiores, Ao y A1, son esencialmente importantes. Es muy raro que se puedan tomar muestras adecuadas de los bordes de los caminos. Cuando no se puedan encontrar sitios vírgenes representativos, deben tomarse muestras de suelos bajo pastos o bajo cultivo. Siempre para esto es mejor eludir los mágenes de los campos y en donde sea posible debe obtenerse la historia del manejo del suelo. Antes de escoger en donde se van a tomar las muestras, debe examinarse el suelo en varios puntos como ayuda en la selección de uno que tenga horizontes de profundidad y otras características observables típicas.

El cuidado en la toma de muestras depende parcialmente del propósito. Las muestras tomadas para análisis más o menos de rutina y para correlación únicamente, requieren menor cuidado y detalle de descripción que aquellas que van a usarse para estudios morfológicos o genéticos intensivos.

Las muestras deben tomarse de una excavación fresca, especialmente cuando son para trabajo químico. En los cortes de carreteras, salvo cuando son sumamente recientes, no deben tomarse muestras de suelo, y no se les debe usar sino exclusivamente para examen visual en la identificación inmediata de campo. De los cortes de carretera pueden tomarse ocasionalmente muestras de material originario o de roca matriz, pero no de suelo. Las muestras de tales cortes pueden no ser satisfactorias por varios motivos. El polvo de las carreteras, especialmente de las engrazonadas, contamina rápidamente el perfil del suelo y aún la superficie a los lados, a veces hasta por más de un centenar de metros. La vegetación nativa ha sido usualmente tan disturbada a lo largo de los derechos de vía de las carreteras que el suelo se ha alterado en forma notoria, aún cuando no haya sido arado o disturbado en cualquiera otra forma mecánica. Los horizontes A1 de los Podzoles, por ejemplo, aumentan notablemente de espesor bajo una vegetación mesofítica lujuriante hecha posible por una intensidad de luz mayor a lo largo de la carretera, en relación con las condiciones existentes dentro del bosque. En áreas abiertas, tanto el polvo como otras materias extrañas, se acumulan a lo largo de las cercas y de los caminos. Muy pronto un perfil de suelo expuesto sufre alteración. El efecto alternado del humedecimiento, desecamiento, congelación y descongelamiento cambian la estructura; el suelo se oxida en forma más completa. Bajo condiciones naturales, el movimiento del agua en el suelo, tanto por acción capilar como por diferencias en presiones del vapor, es principalmente vertical, mientras que en un corte de carretera expuesto, el agua se mueve lateralmente hacia la cara del corte,, dejando una concentración de sales solubles en la superficie expuesta. Muchos horizontes de suelo que son suaves bajo condiciones normales se vuelven duros con la exposición. Ejemplos extremos de esta índole son algunas lateritas y caliches.

Clases de muestras.—La mayor parte de las muestras de suelo tomadas durante el levantamiento de suelos son (1º muestras sueltas fragmentadas de horizontes individuales; unas pocas son 2º) muestras cilíndricas no disturbadas tomadas de horizonte individuales y por último algunas son 3º) monolitos no disturbados para estudio y exhibición.

Las muestras fragmentadas se toman de horizontes individuales aflojando los materiales; para su colección se usan bolsas de papel o de tela. Estas muestras son las que se usan más generalmente para correlación de suelos y para análisis químico y mecánico. Las muestras cilíndricas no disturbadas se toman de horizontes individuales, cortando cuidadosamente; luego se guardan en forma tal que se asegure la preservación de la estructura del suelo. Tales muestras son útiles para determinaciones de porosidad, densidad, examen petrográfico y determinaciones físicas similares. Los monolitos no disturbados se usan principalmente para exhibición.

Preparación del suelo para tomar las muestras.—Las herramientas usadas en la toma de muestras ya han sido descritas en la sección de Preparativos para el Trabajo de Campo. Para la colección de muestras adecuadas a la mayor parte de los propósitos es necesaria una calicata. Las muestras tomadas por medio de taladros, tubos o máquinas de sacar muestras cilíndricas, están siempre expuestas a contaminación o a ser no representativas debido a huecos de roedores que no se ven o a otros discordancias. Aún no se ha inventado ninguna manera fácil de hacer la calicata y en general debe excavarse utilizando, pico, pala y barretón. Deben ser suficientemente grandes para que permitan una observación cuidadosa del perfil total. Generalmente se necesita un hueco de 60 cm. de ancho por 1.50 m. a 1.80 m. de largo. Corrientemente es más fácil abrir un hueco de estas dimensiones que uno más pequeño debido a que al hacerlo se pueden manejar con mayor facilidad las herramientas. Debe abrirse la calicata en tal forma que uno de sus lados largos reciba buena luz. Una vez abierta la calicata, el lado o pared mejor iluminado debe limpiarse con una navaja o una pala, con el fin de exponer la estructura. La superficie del suelo inmediatamente sobre esta pared debe mantenerse tan intacta como sea posible. Los horizontes pueden luego definirse, marcarse y describirse en detalle tal y como haya sido explicado. En regiones boscosas frecuentemente se debe sacrificar la posibilidad de una buena exposición a la luz en áreas donde el lugar sea representativo.

Toma de muestras.—Una vez que el perfil ha sido expuesto y descrito, se toman muestras representativas de cada horizonte individual. Para propósitos de correlación corrientemente es bueno tomar muestras de cada uno de los horizontes reconocibles. Para análisis de laboratorio, particularmente si se van a realizar estudios de génesis, los horizontes más gruesos deben arbitrariamente subdividirse. Nada se gana con dividir horizontes identificables en capas menores de 8 cm. de grueso.

La mayor parte de los análisis pueden ser realizados adecuadamente con una muestra fragmentada de un litro. Generalmente las muestras deben tomarse en una sección vertical en un hoyo, cada una inmediatamente debajo de la anterior. En la toma de muestras puede evitarse incluir los márgenes de gradación entre un horizonte y otro o de otro modo pueden tomarse en forma uniforme del horizonte completo. Normalmente la muestra se puede tomar fácilmente poniendo una pala o cuchara de albañilería en el límite inferior del horizonte, mientras se afloja el suelo de encima, por medio de una cuchilla o cuchara. Así el material se recoge en la pala o en la cuchara y se transfiere luego a una bolsa. Es obvio que se debe evitar toda contaminación con material de los horizontes superiores. Cuando se toman muestras de horizontes muy delgados, o si se deben hacer estudios morfológicos extremadamente detallados al mismo tiempo que se toman las muestras, puede ser útil remover los horizontes que estén encima del que se está estudiando en ese momento de modo

que se estudia un solo horizonte en cada oportunidad. Al efecto puede hacerse la calicata en forma de escalones, cada uno de los cuales represente un horizonte o subhorizonte. Esta clase de calicata es de utilidad muy especial cuando se van a tomar secciones verticales no disturbadas de horizontes individuales. En estudios morfológicos detallados modernos el método de escalonamiento ofrece la ventaja adicional de exponer cada horizonte en tres dimensiones.

En las calicatas de pared vertical, una vez que el perfil ha sido descrito, puede ser útil tomar —primero muestras de los horizontes superiores: Aoo, Ao y A1—, luego se limpia la pared y enseguida se pueden tomar muestras de los horizontes restantes, comenzando del inferior hacia arriba. A menudo es un problema serio el evitar contaminaciones del horizonte superior.

Los fragmentos de más de 2.5 cm. de diámetro, aproximadamente, se sacan del material de la muestra y se descartan. Es útil hacer una estimación del volumen que estos fragmentos gruesos ocupan en la muestra. Los estudios del volumen del suelo y algunos de textura requieren tamizar y pesar la muestra en el campo, con el fin de obtener las medidas de peso o volumen de estos fragmentos.

Especialmente en los estudios de reconocimiento o exploratorios, es a menudo útil tomar muestras de la vegetación, especialmente de gramíneas o plantas similares de amplia distribución, que puedan ser analizadas para determinación de probables deficiencias o excesos notorios de calcio, fósforo, manganeso, hierro, cobalto, zinc, molibdeno, y otros elementos minerales.

Las muestras se guardan luego en bolsas o frascos, debídamente identificados, y así se transportan hasta el sitio apropiado donde se puedan secar.

Envases para muestras.—Los envases que se usan varían mucho. Las muestras no disturbadas de cortes verticales generalmente se pasan directamente a envases metálicos cilíndricos, provistos de tapa en ambos lados. Las muestras para determinaciones de humedad se guardan en cajas o recipientes metálicos o plásticos, a prueba de humedad, y se envían inmediatamente al laboratorio para pesaje.

Las muestras fragmentadas sueltas se ponen corrientemente en bolsas limpias de tela, plástico o papel grueso. Los sacos de lona resultan muy pesados para envío por correo y también el material fino de la muestra puede perderse. Las bolsas o sacos de tela no resultan apropiado para muestras de suelo que contengan sales solubles en gran cantidad. Si las muestras están húmedas, las sales pasan a la superficie de la tela. También se usan recipientes de cartón grueso. Cuando las muestras están húmedas las bolsas o envases pueden abrirse en el campamento para que las muestras se sequen. Cuando se las remite, deben acomodarse para que no se muevan; en cajas fuertes de madera. Cada una de estas cajas no debe ser muy grande y ordinariamente no debe pesar más de 25 Kg., pues de lo contrario puede dañarse durante el tránsito. Para envío

de muestras secas a través de largas distancias, las cajas metálicas selladas constituyen el envase ideal, especialmente cuando se trata de envíos por barco.

Recientemente se han puesto a la venta para envases de muestras de suelo sacos plásticos, transparentes, muy fuertes y livianos. Estos sacos son ideales para uso en trabajos exploratorios, cuando se está muy lejos del vehículo. Para algunos suelos que se endurecen irreversiblemente al secarse, como el caso de algunos suelos lateríticos, deben usarse potes con cierre hermético, especialmente cuando a esas muestras se les vaya a hacer análisis mecánico.

Etiquetas de identificación.—Cada muestra debe identificarse apropiadamente tan pronto como se la toma. En vista de que las muestras de los varios horizontes pueden separarse una de otra durante el manipuleo, cada una debe identificarse en forma completa. Cuando se dispone de poco tiempo, cada muestra puede recibir una designacion por numero de perfil y subhorizonte pero tan pronto como sea posible, se le debe preparar y adjuntar a cada una, una etiqueta con todos los datos de identificación. Esto siempre es preferible hacerlo en el campo mismo, cuando ello es posible. La etiqueta debe tener la fecha, localización, nombre del colector, nombre del tipo de suelo y el número del horizonte, su posición en el perfil y un sumario muy breve de su descripción. La escritura debe hacerse con un lápiz duro o con tinta a prueba de agua, ya que a menudo las etiquetas se humedecen, lo cual hace que la escritura se vuelva borrosa. Para seguridad siempre es bueno poner las etiquetas de identificación fuera y dentro de los recipientes que contienen las muestras.

La rotulación de las etiquetas para muestras de suelo ha sido estandarizada por la División de Levantamiento de Suelos de los Estados Unidos. En el sistema el rótulo indica si una muestra particular ha sido tomada para estudio especial o para correlación rutinaria de suelos. También se indica el año de toma de la muestra y la localización por Estado y Distrito, así como el perfil individual de suelo y el horizonte.

Las muestras especiales tienen un rótulo que consta de seis partes: La **parte 1** es una S mayúscula; la **parte 2** corresponde a los dos últimos dígitos del año; la **parte 3** es una abreviación estándar del nombre del Estado; la **parte 4** es un número que identifica el condado; la **parte 5** es un número que identifica el perfil del suelo dentro del grupo especial de muestras y la **parte 6** es un número que señala el horizonte particular en que se ha tomado la muestra. Guiones cortos separan la parte 4 de la 5, la 5 de la 6 y también las abreviaciones estadales que terminan en "e" del número del condado. Al rótulo de la última muestra de cada perfil sigue un asterisco que muestra que no se ha tomado ninguna otra muestra a una profundidad mayor.

Las muestras de rutina tomadas en las zonas de levantamiento se designan en forma similar, excepción hecha de la S que aquí se omite como prefijo. El número S46Ill-11-12-9*, por ejemplo, identifica una muestra especial colectada en 1.946 en Illinois. El número 11 de la cuarta parte del símbolo identifica el Condado Chirstian, Condado número 11 en la lista alfabética de los condados de Illinois. La muestra está en el perfil número 12 de la serie de muestras especiales y es el noveno y último horizonte. El sistema de numerar las muestras de suelos ayuda a todos aquellos que las manipulan. Las muestras especiales se identifican además por medio del nombre del proyecto de investigación, en vez del nombre del área que es el que se usa en muestras de rutina de áreas en estudio.

A continuación se ilustra una etiqueta, llenada de acuerdo con este sistema. El número se escribe tanto en la parte superior como en la inferior de la etiqueta, lo cual es útil en el archivo. Cuando se desempacan las muestras, la parte superior de la etiqueta puede cortarse y dejarse con la muestra de suelo mientras que el resto se archiva.

Campo N° 2

S46Ill-11-12-9 *

Area	Proyecto Línea Z-1-2-8.
Localización	SW4NW4Sec27T11NR1E; 1 Km. al S. de Pana.
Colector	Juan Pérez.
Tipo de suelo	Alma franco limoso.
Profundidad	72 a 79 pulgadas.
Descripción	Suelo franco limoso, marrón amarillento claro, calcáreo friable (loes calcáreo).

* S46Ill-11-12-9

A continuación se incluye la lista de las abreviaturas de los nombres de los Estados y Territorios (y los nombres completos de los no abreviados) de los Estados Unidos, que se usan en forma estandar en la identificación de las muestras de suelos:

Estado	*Abreviación*	*Estado*	*Abreviación*
Alabama	Ala.	New York	N.Y.
Arizona	Ariz.	North Carolina	N.C.
Arkansas	Ark.	North Dakota	N.Dak.
California	Calif.	Ohio	Ohio
Colorado	Colo.	Oklahoma	Okla.
Connecticut	Conn.	Oregon	Oreg.
Delaware	Del.	Pennsylvania	Pa.
Florida	Fla.	Rhode Island	R.I.
Georgia	Ga.	South Carolina	S. C.
Idaho	Idaho	South Dakota	S.Dak
Illinois	Ill.	Tennessee	Tenn.
Indiana	Ind.	Texas	Tex.
Iowa	Iowa	Utah	Utah
Kansas	Kans.	Vermont	Vt.
Kentucky	Ky.	Virginia	Va.
Louisiana	La.	Washington	Wash.
Maine	Maine	West Virginia	W. Va.
Maryland	Md.	Wisconsin	Wis.
Massachusetts	Mass.	Wyoming	Wyo.
Michigan	Mich.		
Minnesota	Minn.		
Mississippi	Miss.	*Otras áreas*	
Missouri	Mo.		
Monta	Mont.	Alaska	Alaska
Nebraska	Nebr.	Canal Zone	C.Z.
Nevada	Nev.	Hawaiian Islands	T.H.
New Hampshire	N.H.	Panamá	Panamá
New Jersey	N.J.	Puerto Rico	P.R.
New Mexico	N.Mex	Virgin Islands	V.I.

Para otros países se usan los nombres completos o abreviaciones, siempre y cuando ello no esté en conflicto con esta lista.

Secado y almacenamiento de muestras.—Las muestras de suelo deben ser secadas (2) en un lugar en donde no hayan gases o polvo que las pueda contaminar. De acuerdo con las circunstancias, puede procederse a esparcir las muestras sobre un papel. Los terrones grandes deben deshacerse. Las muestras pequeñas o relativamente secas pueden secarse lo suficiente con sólo dejar abierto el envase. En el campamento, las muestras se transfieren a frascos de vidrio con etiqueta y se almacenan. Usualmente se dejan submuestras de 100 gramos, en tubos de vidrio, las cuales se utilizan para fácil referencia. Las muestras de cada horizonte se ponen por separado en sus

(2) Se exceptúan, desde luego, las que cambian irreversiblemente con el secamiento.

respectivos frascos de vidrio. En esta forma las muestras de un perfil pueden observarse juntas y ser comparadas con otras muestras del mismo o de diferentes tipos de suelo. Las muestras en los frascos son particularmente útiles para comparaciones de textura y color.

Las muestras puestas en envases grandes de vidrio pueden ser utilizadas para análisis de laboratorio. De ellas se separan porciones representativas que se ciernen en cribas de 2 milímetros. La parte que pasa por la criba es la que se utiliza para análisis.

Monolitos

Los monolitos de perfiles de suelos se toman para ayuda visual en el estudio y clasificación de los suelos. La colección de monolitos completos, no disturbados, toma mucho tiempo y comúnmente no se hace junto con el trabajo de investigación. Sin embargo, los monolitos son de mucha utilidad para exposición y enseñanza.

Se han usado monolitos delgados y gruesos.. Los gruesos se obtienen colocando en una caja una sección no disturbada en tal forma que el suelo quede preservado y al mismo tiempo se pueda observar por una cara abierta de la caja. Generalmente la sección tiene de 15 a 20 cms. de ancho, 10 de grosor y es de largo suficiente como para incluir parte de horizonte C. Estos monolitos se colectan en excavaciones. La pared expuesta se corta en tal forma que la sección vertical del suelo ajuste en la caja de madera o metal. La caja se coloca sobre el monolito y se sostiene ahí mientras se corta la cara de atrás del monolito. Una vez concluído el corte, el costado abierto de la caja se tapa y solo se remueve cuando el monolito se exhibe. Las desventajas de estos monolitos gruesos son: el enorme cuidado que se necesita para su colección, su gran peso y el peligro de que se dañe durante el manipuleo. En los Estados Unidos sólo se han colectado unos pocos monolitos de este tipo.

Un método mejor para la obtención de monolitos consiste en el uso de una sustancia adhesiva la cual mantiene una sección de espesor de 2.5 cms. o menos pegada a una tabla. El procedimiento es el siguiente: Se alisa una pared de la excavación y se le atomiza o aplica en forma de pintura, directamente, una solución de acetato de celulosa. Cuando esta se seca, el suelo se adhiere firmemente a la película formada por ella y entonces el monolito, que en esta forma tiene algo de flexibilidad se puede cortar de la pared y pegarlo a una tabla u otro material adecuado. Cualquier exceso de suelo se remueve. Luego el monolito se trata con una resina de vinilita con el fin de endurecer el material del suelo y para preservarlo de cualquier daño. Los detalles de este método son dados por Smith y Moodie (3).

---

(3) SMITH, H. W., y MOODIE, C. D., COLLECTION AND PRESERVATION OF SOIL PROFILES. Soil Science, 64:61-69, illus. 1947.

Otro proceso por medio del cual se consigue la misma clase de monolito de escaso espesor, es el descrito por Berger y Muckenhirn (4). Se toman secciones delgadas de cada horizonte de la pared de la excavación usándose un aparato metálico. Estas secciones son tratadas después directamente con resina de vinilita para preservarlos.

Estos monolitos delgados han sido muy usados en los 5 años pasados, son livianos, resistentes al daño, fáciles de guardarse y exhiben las estructuras y colores del suelo satisfactoriamente, son difíciles de tomarse en suelos pedregosos.

Micromonolitos

Los micromonolitos han sido usados cada vez más en el trabajo de correlación de suelos. Las delgadas y pequeñas secciones se toman con un cortador metálico el cual se ajusta en un émbolo de madera)fig. 52). Estas secciones se adhieren a una pieza dura de madera, manteniendo al hacerlo el orden natural en que se encuentran en el perfil. Esto da la idea de un monolito pequeño, a escala. Un monolito de esta naturaleza puede tomarse en 10 o 15 minutos y es fácil de archivar. Estos micromonolitos tienen ventajas definidas sobre las muestras que se guardan en tubos de ensayos o frascos: pueden tomarse más rápidamente y permiten una mejor comparación entre muestras. A pesar de esto, las muestras de los frascos siempre son necesarias para comparaciones de textura.

(4) BERGER, K. C., y MUCKENHIRN, Rel. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc., 10:368-370, illus. 1946.

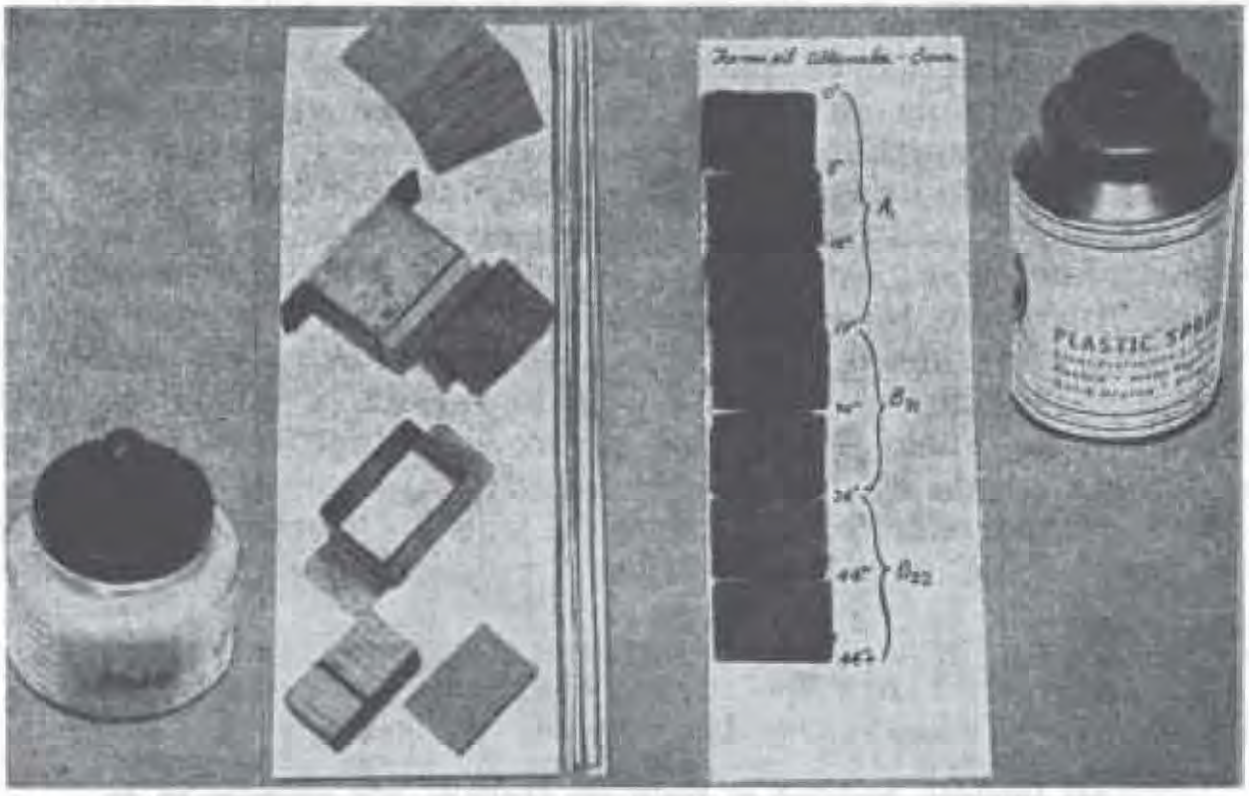


Fig. 52. — **Equipo para montar micromonolitos. Monolito montado.**

Este método para colectar y montar micromonolitos ha sido descrito por Bushnell (5).

Una vez seleccionado el sitio, se procede a exponer el perfil. El émbolo se inserta en el cortador, pero antes de ello se coloca un pedazo de papel secante de 2.5 cms. por 3.5 cms. sobre el émbolo. Este papel se cubre con pasta líquida o "solución de vidrio". Una vez hecho esto, se forza el cortador contra el suelo, ya sea directamente en la pared del perfil o en un terrón grande; luego se retira el cortador con un exceso de suelo, el cual se quita con cuidado para preservar la estructura natural de la muestra. Empujando el émbolo, la muestra se saca del cortador, procediendo luego a pegarla, en el sitio debido en una franja de papel secante grueso y apropiado al caso, franja que tiene 25 cms. de alto por 5 de ancho (6). Si cada una de las microsecciones se aprietan contra la anterior, el conjunto se mantiene unido más fácilmente.

Una vez que todas las muestras han sido fijadas en el material de montaje, se procede a indicar la profundidad y nombre de los horizontes. Las muestras ya secas pueden fortalecerse sumergiéndolas en una solución de 10 por ciento de vinilita o aplicándoles esta solución con un cepillo suave.

Estas franjas ya fijadas pueden pegarse en una cartulina gruesa de montaje, de 10 a 15 cms. de ancho por 25 cms. de largo, en la cual se pueden escribir las profundidades, designación de horizontes y otros datos acerca del suelo.

Lo más corriente es que estas pequeñas secciones individuales se hagan en tamaño estandar de 2.5 por 3.25 cms. y se peguen luego a cartulinas de 7.5 o 10 cms. de ancho por 25 cms. de largo.

El uso de secciones individuales del mismo tamaño, a pesar del espesor variable de los horizontes, produce una imagen deforme de los micromonolitos en relación con el perfil actual. Algunos evitan esto usando un cortador ajustable, que permite variar el grueso de las micromuestras para hacerlas proporcionales al espesor de los horizontes. Para esto se usa un lado movible en el cortador, el cual se ajusta por medio de un tornillo. Al mismo tiempo se lleva al campo un surtido de cartoncitos de soporte de varios anchos. En esta forma el micromonolito resultante refleja, a escala, el verdadero perfil del suelo. El trabajo extra que significa tomar micromonolitos a escala es difícilmente justificado cuando el objetivo es utilizado en correlación de suelos, ya que los científicos que efectúan este trabajo no son engañados por la aparente distorsión. Para

---

(5) BUSHNELL, T. M., SOIL PROFILE SAMPLING MADE EASY. Purdue Univ. Agr. Expt. Sta. Spec. Cir. 2, 8 pp., illus. Lafayette, Ind. 1949.

(6) Muchos prefieren montar las muestras directamente en una cartulina gruesa, omitiendo así el montaje intermedio en un papel secante. Al hacerlo así también realizan el resto del trabajo, que consiste en escribir las notas en el sitio mismo.

exposiciones o trabajo didáctico, son preferibles los micromonolitos hechos a una escala apropiada.

Datos útiles de laboratorio

En general, se puede decir que todas las determinaciones físicas, mineralógicas y químicas, hechas con precisión en muestra representativas de horizontes de suelos adecuadamente descritos, son útiles. A lo anterior se puede agregar que no todas ellas son igualmente útiles. Algunas determinaciones que son de enorme utilidad en una área de suelos y hasta para comprender las relaciones entre un grupo de suelos dentro de una área, pueden no revelar gran cosa en otro grupo de suelos. El valor de los datos de laboratorio depende sobre todo de los datos morfológicos asociados, ya que deben interpretarse dos grupos de datos conjuntamente. Los datos químicos obtenidos de muestras de suelo colectadas con taladro y no acompañadas con descripción de perfiles, generalmente no representan el gasto hecho, excepto tal vez para uso en reconocimientos exploratorios de áreas totalmente desconocidas.

Los planes para trabajo de laboratorio deben planificarse por anticipado al levantamiento de suelos; en ellos deben hacerse previsiones para estudios adicionales, por si acaso surge la necesidad de hacerlos. Los planes deben desarrollarse en conjunto entre los edafólogos de campo y los científicos de laboratorio y los resultados deben ser interpretados en conjunto, especialmente en donde los problemas sean complejos. Se necesita muy buen criterio para poder seleccionar las determinaciones que deben hacerse con los recursos disponibles. Es muy fácil cargar un laboratorio con determinaciones rutinarias de tan poca significación que su utilidad en el programa de investigación es nula.

Las determinaciones de laboratorio hechas como parte de un levantamiento de suelos pueden ser clasificadas "grosso modo", en cinco grupos principales, de acuerdo con su propósito:

1. Las que se hacen para establecer los tipos genéticos de suelos, elucidando su origen y estableciendo las diferencias con otros tipos relacionados. Aquí se incluyen los análisis mecánicos, pH, carbón orgánico, cationes cambiables, carbonatos, nitrógeno, densidad aparente, permeabilidad, composición mineralógica, algunas veces análisis químicos totales y tal vez otros análisis, lo cual depende del problema particular.

2. Las que se hacen para comprobar la identificación de tipos de suelo establecidos, y las determinaciones de campo. Incluyen análisis mecánicos, pH, carbonatos, algunas veces carbón orgánico y en ciertos casos, otras determinaciones.

3. Las usadas como ayuda en la sugerencia de prácticas de manejo, incluyendo determinaciones de permeabilidad, nutrientes solubles o aprovechables, cationes cambiables, pH, etc.

4. Las necesarias para pronosticar los efectos del riego, drenaje y prácticas de manejo requeridas cuando el suelo se pone bajo riego, y los requerimientos para la rehabilitación del suelo cuando se saliniza debido al riego. Los métodos de campo se explican en forma breve en la sección sobre Estimación y Cartografía de Sales y Acali en el Suelo.

5. Las determinaciones requeridas para predicciones acerca del trazado de carreteras, localización de aeropuertos, vialidad y otros problemas de ingeniería de suelos. Los resultados de tales determinaciones pueden usarse directamente en un proycto particular y también para caracterizar tipos de suelo, siempre que las muestras se tomen de tipos y horizontes edáficos definidos.

El tratado completo acerca de los métodos de laboratorio y del trabajo que debe acompañar la clasificación de los suelos y su interpretación, está completamente fuera del alcance de este **Manual.** Aquí nos ocuparemos únicamente de unos pocos principios.

En primer lugar, para que el trabajo sea efectivo, tanto los científicos de campo como los de laboratorio deben tener un conocimiento considerable acerca de las habilidades y problemas del otro. Al respecto debe decirse que son muy pocos los hombres que pueden o deben intentar llegar a ser al mismo tiempo muy eficientes en la realización de ambas clases de trabajo. El científico de laboratorio debe poder apreciar los problemas de clasificación, cartografía y manejo de suelos, así como la variabilidad que una muestra de suelo representa en el universo. Es corriente que se gaste mucho tiempo en alcanzar gran precisión en determinaciones duplicadas de muestras, olvidando que ello pueda estar en gran desproporción con el error en la toma de muestras en el campo. El científico de campo debe conocer bastante acerca de los métodos usados en los laboratorios y el valor y limitaciones de datos. A menudo los técnicos de campo piden trabajos de laboratorio sin comprender a cabalidad el tiempo y costo de estos trabajos y sin saber a veces cómo los datos resultantes les van a ser útiles.

Los dos tipos de especialistas deben trabajar juntos. El científico encargado del trabajo de laboratorio debe tomar buena parte en el trabajo de campo, especialmente en el análisis de los problemas de campo y la colección de muestras de suelo para trabajo extensivo en la caracterización fundamental y en génesis del suelo, con el objeto de que tenga un cuadro claro del problema. Es única-

mente de esta manera que se puede llegar a conclusiones con relación a las determinaciones de laboratorio que puedan ser de mayor utilidad. Para algunos problemas es también conveniente que un geólogo sea miembro de los equipos de estudio.

Debe darse mucha importancia a los métodos estándar de manera que sea posible comparar suelos alejados entre sí. Deben adoptarse métodos nuevos y mejores conforme ellos van siendo desarrollados, lo cual debe hacerse solamente cuando son definitivamente superiores a los que se estén utilizando. A menudo es necesario realizar por algún tiempo determinaciones tanto por el viejo método como por el nuevo, de modo que los resultados de uno puedan ser interpretados por comparación con los del otro.

Es muy importante que los planes de trabajo para áreas de estudio, prevean los servicios de laboratorio en forma más adecuada de lo que ha sido hasta el momento. Muy a menudo el trabajo de laboratorio es posterior a la determinación del trabajo de campo, después de que las separaciones de suelos han sido hechas. Cuando se necesitan datos de laboratorio para decidir con claridad entre unidades edáficas, estos deben obtenerse al principiar el estudio. Una vez que se han establecido las diferencias, el estudio morfológico usualmente pondrá en evidencia características adicionales que pueden servir como criterio de identificación en el campo.

En el desarrollo de datos para uso en la preparación de pronósticos acerca de fertilizantes, cal y otras enmiendas, el fin es establecer la "capacidad de respuesta" del tipo de suelo a los varios tratamientos. Para hacer predicciones de prácticas de manejo, el jefe de levantamiento de suelos debe interpretar los datos en cooperación con especialistas en fertilidad y manejo. Las recomendaciones específicas dependen del uso previo de enmiendas y de la historia de cultivo tanto como del tipo de suelo. Las determinaciones de nutrientes aprovechables darán resultados diferentes, desde luego, en áreas diferentes del mismo tipo de suelo que hayan recibido tratamientos diferentes. Entre suelos que responden altamente, estas diferencias pueden ser simplemente enormes. En las descripciones de suelos y en las predicciones de manejo la forma como va a responder el suelo o el nivel de los rendimientos bajo un dado sistema de manejo, debe referirse al tipo de suelo y no a los tratamientos específicos requeridos de año en año. El asesoramiento con científicos en suelos puede ser de utilidad mutua. La clasificación de suelos es una herramienta esencial en el trabajo de asesoramiento de fertilizantes, ya que los resultados de la mayor parte de las "pruebas rápidas" usadas por los consejeros agrícolas, tienen interpretación diferente en los diferentes tipos de suelo.

ESTIMACION Y CARTOGRAFIA DE SALES Y ALCALI EN EL SUELO

Cuando se realiza la cartografía de suelos, aquellos fuertemente alcalinos y los que contienen cantidades dañinas de sales deben separarse de los demás. Aquellos que tienen cantidades suficientes de sales solubles o un grado tan alto de alcalinidad que interfiere con el crecimiento de los cultivos, están confinados principalmente a las regiones áridas y semiáridas, aunque también se presentan en regiones húmedas, en las fajas costeras afectadas por las mareas así como en áreas localizadas afectadas por infiltraciones de aguas salinas. Tales suelos requieren prácticas de manejos especiales y medidas de recuperación. La cantidad y clase de sales en el suelo, tanto ahora como en el pasado, comúnmente se reflejan en la morfología del perfil pero no con especificidad suficiente como para sugerir cantidades ni la adaptabilidad de cultivos específicos. Esto es particularmente cierto para suelos jóvenes o recientes sobre depósitos aluviales. Muchos suelos salinos pueden utilizarse para cultivo si se les remueven las sales y no se permite que se acumulen de nuevo, siempre y cuando las otras características sean favorables.

Una parte considerable de los suelos bajo riego en el Oeste norteamericano, contienen bastantes sales o son suficientemente alcalinos para bajar las cosechas. En algunos de ellos hasta es imposible cultivar. Muchas hectáreas de tierras regadas han tenido que ser abandonadas debido a las sales que originalmente se encontraban en el suelo o especialmente debido a sales que se han acumulado durante el período de riego.

Uno de los propósitos principales de los levantamientos de suelos detallados en tales áreas, es el de identificar estos suelos que no se pueden regar prácticamente y sugerir los problemas probables así como los métodos de recuperación y uso para aquellos que puedan usarse para cultivo.. La cantidad de sales solubles en un suelo o su grado de alcalinidad y las otras numerosas condiciones edáficas que

afectan la acumulación de sales o su movimiento, aún a grandes profundidades, se observan y valoran en clasificación y su interpretación.

Naturaleza y origen de los suelos salinos y alcalinos

Suelo salino es el que contiene sales suficientes distribuídas en tal forma en el perifl, que interfieren con el crecimiento de la mayor parte de las plantas cultivadas.

Suelo alcalino es el que tiene o un alto grado de alcalinidad— pH 8.5 o más— o un alto porcentaje de sodio cambiable —15% o más— o ambas condiciones, las cuales producen una reducción en el crecimiento de la mayoría de los cultivos. Es así como los suelos alcalinos tienen, como grupo, una amplia variación de sodio cambiable y de pH. Algunos suelos con más de 15% de sodio cambiable por ejemplo, tienen valores de pH menores de 8.5 cuando los otros cationes cambiables son principalmente hidrógeno.

Suelo salino-alcalino es el que tiene una combinación de cantidades dañinas de sales junto con alta alcalinidad o alta cantidad de sodio cambiable, o ambas condiciones, distribuidas en tal forma en el perfil que el crecimiento de la mayor parte de los cultivos se ve reducido.

Localmente, los términos "álcali" y "suelo alcalino" han sido usados para indicar todas estas condiciones. Algunos han usado "suelo alcalino" como término general, "álcali blanco" como equivalente en sentido general a suelo salino tal y como se le define ahora y "álcali negro" como equivalente en general a suelos alcalinos. El adjetivo "negro" se originó en el color oscuro que se presenta con la dispersión de la materia orgánica a pH alto. Estos términos viejos no deben usarse en las descripciones de suelos o informes, excepto entre comillas y con una llamada explicatoria del uso local, en donde existe.

Las sales solubles en los suelos pueden venir de depósitos producidos por la descomposición de los minerales primarios de las rocas, de rocas sedimentarias, de invasión por el mar o de sal transportada desde los océanos por el viento (sal "cíclica"). Las sales son transportadas fácilmente por las aguas y se acumulan, dentro del suelo o en la superficie, cuando se evapora el agua. Es así como los suelos salinos se encuentran comúnmente en áreas bajas y muchos de ellos tienen, periódica o permanentemente altos niveles freáticos. Hablando en forma general, los suelos salinos se forman en partes bajas de las regiones áridas o semiáridas o en laderas de regiones húmedas de donde mana agua y que pueden haber estado cubiertas por pantanos. Una capa freática alta o una capa freática variable puede existir naturalmente sobre estratos impermeables adyacentes, o la capa freática puede elevarse debido a riego excesivo o a infiltración desde corrientes o sistemas de distribución de riego. Grandes cantidades de sales pueden agregarse al suelo por medio del agua de riego. Algunas

rocas sedimentarias contienen grandes cantidades de yeso u otras sales que contribuyen al contenido de sales de los suelos que se desarrollan a partir de ellas. La infiltración de agua a través de tales rocas lleva las sales hasta los suelos ubicados más abajo. En lugares en donde la lluvia es tan ligera y la evaporación tan alta que el agua se infiltra muy poco, las sales liberadas de los minerales permanecen en el suelo; a pesar de todo esto es muy raro que por este medio se acumulen sales suficientes para llegar a convertir un suelo en muy salino para la producción de cosechas.

En los suelos salinos se encuentran muchas combinaciones de sales diferentes. Cuando se encuentran sales normalmente neutras o casi neutras, como cloruros y sulfatos de sodio, calcio y magnesio, éstas no hacen el suelo fuertemente alcalino; pero las sales alcalinas como el carbonato y bicarbonato de sodio sí causan una fuerte reacción alcalina.

Los cationes intercambiables del suelo influyen grandemente sus propiedades. En agua pura, las arcillas ácidas se dispersan fácilmente; (1) las arcillas cálcicas son de mediana a moderadamente alcalinas y usualmente se dispersan con menor facilidad, en cambio las arcillas sódicas son de fuerte a muy fuertemente alcalinas y son dispersadas más fácilmente. Mientras que exista una alta concentración de sales en el suelo, los coloides están floculados pero conforme mejora el drenaje y se remueven las sales, las arcillas sódicas se convierte a fuerte o muy fuertemente alcalinas y son dispersadas fácilmente en agua, volviéndose pegajosas cuando están húmedas y duras cuando se secan.

La proporción de los variados cationes adsorbidos por los coloides del suelo depende de las sales solubles presentes. En presencia de una gran proporción de sales sódicas, el sodio llega a dominar en el complejo de cambio. Tales suelos pueden no tener un alto pH (arriba de 8.5) mientras haya un exceso de sales neutras, pero cuando se remueve por lixiviación el exceso de sales, la hidrólisis de la arcilla sódica produce hidróxido de sodio y una reacción fuertemente alcalina. El dióxido de carbono del aire del suelo, se combina con el hidróxido de sodio, para formar carbonato de sodio, así, el carbonato de sodio en los suelos alcalinos se origina dentro del mismo suelo, excepto en donde el material lixiviado de un suelo alcalino llega a otro suelo de lixiviación menor. Más del 15 por ciento de sodio cam-

---

(1) El grado de dispersión y otras propiedades de las arcillas también dependen del tipo de mineral arcilloso. Aun las arcillas ácidas de suelos Lateríticos bien desarrollados no se dispersan fácilmente. La floculación y granulación en los suelos bajo condiciones naturales también dependen de la clase y cantidad de materia orgánica, crecimiento radicular y la microflora y fauna. Por estas razones algunas arcillas ácidas se encuentran bajo condiciones tan buenas de agregamiento como las arcillas-cálcicas. La floculación de las arcillas por exceso de sales no es necesariamente un proceso como el de granulación, desarrollado a través del efecto de organismos vivos. Es más, el simple reemplazo del sodio por calcio puede no ser suficiente para inducir a que la granulación se efectúe si no existe un humedecimiento y secados alternados, incorporación de materia orgánica y otros tratamientos.

biable en el complejo de cambio es ordinariamente perjudicial para el crecimiento de plantas cultivadas (2).

La alcalinidad de los suelos alcalinos se encuentra expresada por su pH, y por el porcentaje de sodio cambiable (o del sodio más el potasio) o por una combinación de los dos. Expresado en forma estricta, cualquier suelo que tenga un pH superior a 7.0 es alcalino, sea salino o no. (Véase Sección sobre La Reacción del Suelo). Los suelos cuya alcalinidad se debe exclusivamente al carbonato de calcio reciben la denominación de **calcáreos** y sólo muy raras veces tienen pH superior a 8.5. Los suelos que tienen un pH superior a 8.5 usualmente contienen alto porcentaje de sodio cambiable y reciben el nombre de suelos alcalinos junto con algunos que teniendo hasta 15% de sodio cambiables, tienen valores de pH inferiores a 8.5.

Se encuentran diferencias morfológicas entre suelos salinos y suelos alcalinos. Los suelos salinos usualmente son friables; sin embargo, suelos con una estructura bien definida como por ejemplo un castaño típico, puede volverse salino por vías naturales o por prácticas de riego. Los suelos fuertemente salinos a menudo tienen costras salinas o eflorescencias en la superficie, o rayas, capas o manchas ("ojos") de sales en el perfil. La estructura de muchos suelos salinos es favorable al movimiento del agua y el aire. Mientras haya presente un exceso de sales y las arcillas no se hinchen o se dispersen, los suelos salinos-alcalinos son morfológicamente similares a los suelos salinos. Conforme se reduce la concentración de sales, las arcillas pueden dispersarse tal como sucede en los suelos alcalinos. Con el tiempo muchos suelos alcalinos naturales desarrollan horizontes B característicamente prismáticos o columnares. Un suelo alcalino fomentado por el hombre como resultado de la lixiviación de un suelo salino alto en sodio cambiable, puesto por casualidad bajo riego, se vuelve masivo, duro cuando seco y lentamente permeable,, carece además de una estructura definida en su perfil, salvo una superficie cementada que se encoje y agrieta cuando se seca.

Los suelos salinos y alcalinos son muy variables tanto vertical como horizontalmente. Las sales pueden localizarse en la superficie o en un horizonte inferior o pueden encontrarse más o menos distribuídas uniformemente a través de todo el perfil. A veces pequeñas diferencias en textura causan desigualdad en el movimiento de las aguas salinas así como grandes diferencias en la acumulación de sales. Algunos arbustos cuando están en crecimiento absorben grandes cantidades de sales y las "bombean" de la parte inferior del suelo hacia la superficie. Otros no. En consecuencia el contenido de sales o el pH o ambos, pueden variar mucho dentro de unos pocos metros de

---

(2) De la siguiente publicación se tomó mucho para esta Sección: DIAGNOSIS AND IMPROVEMENT OF SALINE AND ALKALI SOILS. United States Regional Salinity Laboratory. L. A. RICHARDS, Ed. 157 pp., illus. 1947 (Processed).

distancia, lo cual depende de diferencias en vegetación (3) tanto como de diferencias en relieve y estratigrafía.
Dentro de una área muy pequeña pueden encontrarse suelos de características muy diferentes y el contenido de sales en cualquier punto puede fluctuar con las estaciones, condiciones del tiempo y manejo del riego.

Grupos genéticos.—Además de los términos ya mencionados anteriormente para suelos salinos y alcalinos, los edafólogos a menudo encuentran en la literatura otros, definidos principalmente con base en la morfología y génesis. Aunque los dos conjuntos de términos no son totalmente consistentes, es posible que una descripción de los tipos genéticos sea útil. Si los suelos en este grupo general —suelos salinos y suelos alcalinos se definen principalmente en términos químicos, se obtiene una asociación morfológica extraña y si se les define primariamente de acuerdo con la morfología se obtiene entonces una asociación química también rara. Además, algunos suelos no salinos pueden tener perfiles parecidos a los suelos Solonetz o Solonetz-solodizados.

Los suelos salinos de colores claros, floculados, a veces reciben el calificativo de "sin estructura". Realmente estos suelos no son "sin estructura" sino que son suaves y finamente granulares. Ellos no tienen en forma característica la estructura blocosa o la prismática. En la clasificación genética, suelos con estas características dominantes se denominan **Solonchak.** Cuando tienen una costra salina en la superficie se les llama a veces Solonchak "superficial" o Solonchak "acolchonado" cuando inmediatamente bajo la costra se encuentra una capa esponjosa. En donde las sales se han movido con el agua capilar hacia arriba, dentro del sólum, y se han concentrado a determinado nivel bajo la superficie, el suelo recibe el nombre de Solonchak "interno". En vista de que las sales a menudo entran al suelo desde abajo, los Solonchaks corrientemente son variables y se presentan mezclados en forma muy complicada con suelos zonales y los otros suelos de la región. Aún más, los Solonchaks "inundados" que se encuentran ocupando los viejos fondos de cuencas que alguna vez estuvieron llenas, pueden ser relativamente uniformes, aunque excesivamente salinos.

El término Solonchak también se modifica por medio del nombre de la sal dominante. Un suelo con sales cálcicas dominantes recibe el nombre de Solonchak-cálcico. Cuando a estos suelos se les mejora el drenaje y se les remueven las sales, gradualmente se convierten en suelos normales. Bajo condiciones naturales, con la lixiviación y

(3) ROBERTS, R. C., CHEMICAL EFFECTS OF THE SALT-TOLERANT SHRUBS ON SOILS. 4th Interntl. Cong. Soil Sci. Trans. 1:404-406. Amsterdam, 1950.

remoción de sales que siguen al drenaje mejorado, el suelo Solonchak-sódico puede cambiar a Solonetz o Solonetz-solodizado y aún tal vez a Solod antes de que lleguen a dominar los procesos responsables del desarrollo de un suelo zonal.

El desarrollo de la morfología requerida para que un suelo sea Solonchak no siempre coincide con la definición de suelo salino. Un suelo salino puede ser producido simplemente por la adición de sales a un suelo no salino, proceso que es llamado "salinización". Es por esto que se encuentran muchas etapas entre Solonchaks y otros suelos, etapas como Solonchak-Chernozem, Solonchak-Sierozem, etc. En los levantamientos de suelos detallados los tipos y fases locales de suelos se separan en base a condiciones significativas de sal en relación al crecimiento de las plantas cultivadas y a las prácticas de manejo y restauración. Más tarde se les puede colocar en los grupos genéticos apropiados.

Mientras existe un exceso de sales, los suelos Solonchak con diferentes clases de sales se parecen mucho entre sí, pero conforme mejora el drenaje y son lavadas las sales, se pueden desarrollar difrencias enormes. Las arcillas-cálcicas permanecen floculadas, granuladas; mientras que las arcillas-sódicas se dispersan y forman fácilmente un budín, o se "lavan juntas". El suelo se vuelve altamente alcalino —tanto que parte de la materia orgánica se disuelve y puede cubrir con una capa oscura los granos agregados. Parte de los iones de sodio del coloide es disociada para formar hidróxido de sodio y finalmente carbonato de sodio. Algunas coloides se dispersan fácilmente y algunos comienzan a moverse hacia abajo, fuera de las capas superficiales, acumulándose abajo. El suelo "de pudín" se resquebraja al secarse y la siguiente lluvia causa más dispersión con un consecuente movimiento hacia abajo del material fino. Después de largos períodos este proceso produce la acumulación de material fino en el horizonte B, quedándose el limo y la arena en el horizonte A. Además, la meteorización continua de minerales en el horizonte B contribuye a elevar su alto contenido de arcilla.

El horizonte B tiene una estructura columnar característica; el suelo existe en prismas verticales duros con su parte superior redondeada. Este proceso de cambio es denominado algunas veces "solonización" y el suelo resultante recibe el nombre de Solonetz. Es así como contraste con el Solonchak, el Solonetz tiene un perfil notablemente estructurado.

Si la lixiviación continúa activamente por algún tiempo, puede ser que el suelo finalmente llegue a ser ácido en la superficie, con un estrato gris profundo sobre un horizonte B blocoso y ácido. Estos suelos reciben el nombre de Solod y el proceso de transformación de Solonetz o Solod se conoce como "solodización". En los Estados Unidos los suelos Solod completamente desarrollados son poco comunes; lo mismo se puede decir con respecto al mundo entero. En cuanto a características morfológicas, ellos surgen con los Planosoles. Mucho

más comunes que los suelos Solod son los suelos intermedios — Solonetzs-solodizados — los cuales tienen una estructura bien desarrollada y perfiles texturales que tienen los horizontes "A" lavados característicos del Solod y los horizontes "B" no ácidos columnares de los Solonetz.

Existe un buen número de suelos de transición entre Solonchak, Solonetz y Solod, algunos de los cuales tienen a veces características propias de cada uno de los tres. En realidad son raros los suelos Solonetz que no tengan exceso de sales en el sólum o principios de solodización en el horizonte "A" y especialmente común es el caso de suelos Solonetz-solodizados. Estos suelos pueden tener horizontes "A" ácidos y horizontes "B" muy ligeramente ácidos a fuertemente alcalino, con una estructura columnar bien desarrollada. Ya que la formación de los Solonetz se efectúa usualmente durante un descenso muy gradual de la capa freática, las capas superiores cambian a Solonetz y los horizontes superficiales se lixivian fuertemente aunque la parte inferior del sólum permanezca salina. Es éste el proceso que sigue un suelo para pasar de Solonchak-sódico a Solonetz-Solodizado sin haber pasado por Solonetz. Además, después de que se ha desarrollado una buena morfología de Solonetz-solodizado, el calcio y el magnesio pueden ser liberados de los minerales del suelo por meteorización posterior "insitu", los cuales pueden ser traídos hasta la superficie por la vegetación nativa y ahí reemplaza el sodio. En la meteorización avanzada de las arcillas se libera especialmente magnesio. De esta forma, suelos con una notable morfología Solonetz-solodizada, pueden haber perdido la mayor parte de su sodio cambiable. Por otro lado, algunos suelos que se desarrollan a partir de materiales estratificados —arenas sobre arcillas— pueden desarrollar un perfil estructural muy parecido al de los suelos Solonetz-solodizados, aunque la arcilla tenga poco sodio cambiable.

Frecuentemente la capa superficial lixiviada de suelos Solonetz-solodizados ha sido erosionada por el viento durante períodos de gran sequía, lo cual ha expuesto la arcilla dura de los horizontes B en las pequeñas depresiones. Tales suelos reciben la denominación de "manchas lustrosas" ("slick-spots") o "manchas sarnosas". En la parte norte de los Grandes Llanos de los Estados Unidos, existen áreas enormes con pequeñas manchas de estos suelos en las zonas de suelos Castaños o Pardos. Después de truncados, estos suelos pueden pasar por otra fase de Solonetz-solodizados; pero gradualmente con drenaje adecuado y la invasión de la vegetación normal nativa, el suelo gradualmente se vuelve a saturar principalmente con calcio o con calcio y magnesio, pasando así a tener las características del suelo zonal de la región, como ejemplo Castaño o Pardo.

Los suelos Solonetz-solodizados bien desarrollados se forman únicamente después de tiempo considerable y no se encuentran en

llanuras aluviales jóvenes, siendo más comunes en regiones templadas o templado-frías que en las cálidas, sin embargo existen cerca del Ecuador.

Comúnmente todos estos suelos, y en especial los Solonetz-solodizados, ocurren en forma irregular. Los Solonetz-solodizados casi siempre se encuentran en complejos intrincados, como "viruela en la faz de la estepa". Cuando estas tierras se someten a cultivo, después de unos cuantos años no es fácil identificar las manchas. Cuando se considere aplicar riego a estos suelos, se les debe examinar con gran cuidado ya que esta práctica trae como consecuencia serios peligros.

Uso de campo del Puente Electrolítico

El contenido aproximado de sales o grado de salinidad de muestras de suelo puede hacerse en el campo mediante el uso de un Puente Wheatstone especialmente diseñado para este propósito (fig. 53).

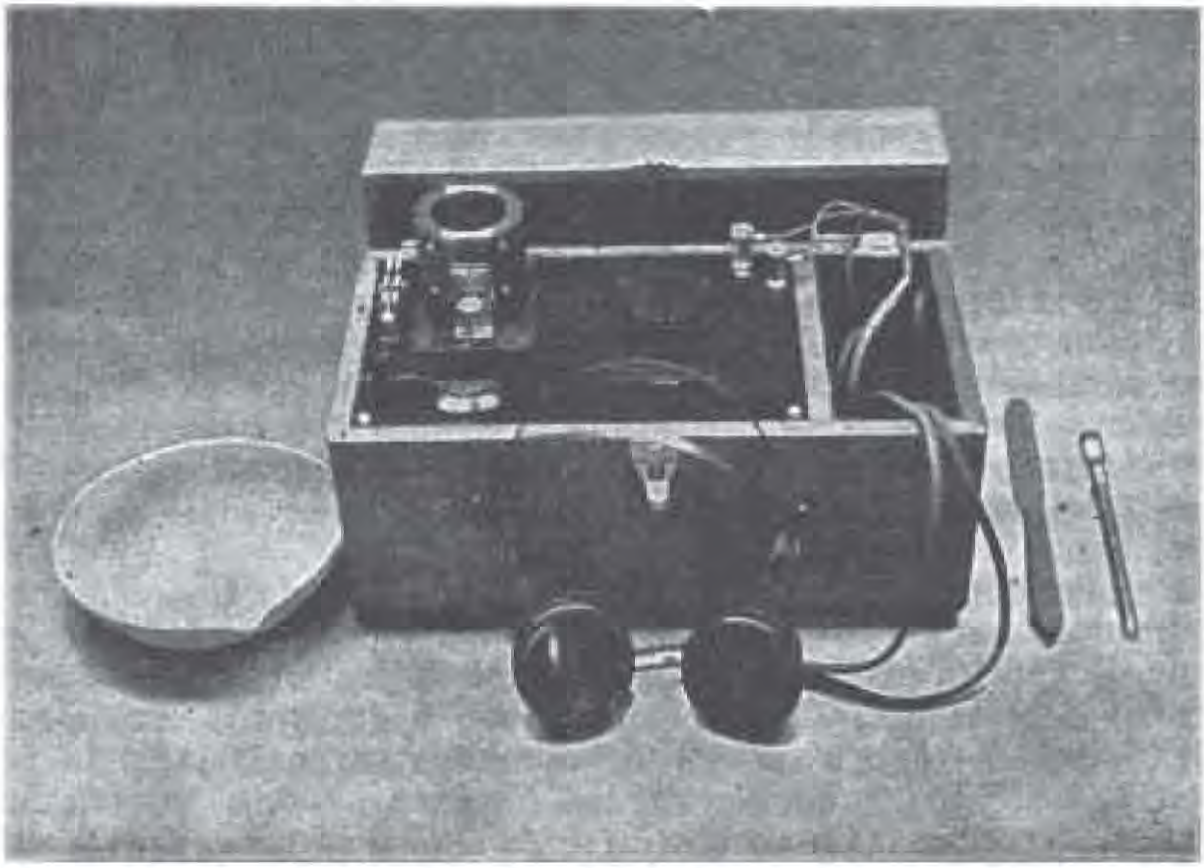


Fig. 53. — Puente Wheatstone portátil diseñado especialmente para uso de campo. Se puede apreciar la cápsula del "Buró de Suelos" puesta en el debido sitio.

La conductancia eléctrica de las sales solubles se determinan midiendo la resistencia eléctrica de una muestra de suelo preparada en una cápsula especial llamada "Cápsula de la Oficina de Suelos", la cual se inserta en el circuito del puente. Los resultados de las determinaciones pueden expresarse en términos de porcentaje de las

sales totales en suelos secos al aire o en términos de conductancia en milimhos del estracto de saturación.

La resistencia eléctrica es afectada por el grado de disociación de las sales, contenido de humedad, clase de cationes intercambiables y temperatura, así como la concentración de sales. Por lo tanto, cuando se opera en el campo, se deben hacer correcciones para la temperatura y compensaciones del contenido de humedad. El contenido aproximado de sales o el grado de salinidad se determina a partir de curvas o tablas compiladas asumiendo condiciones promedio en cuanto al carácter químico y proporciones relativas de las diferentes clases de sales.

La localización de los sitios de donde se van a tomar muestras de suelo para determinación de sales se debe hacer cuidadosamente para que estas sean representativas. Deben escogerse algunas muestras que representan la máxima concentración, otras la mínima y finalmente otras, los grados intermedios de acumulación. Para la obtención de datos básicos para distinción de fases o para la preparación de un mapa donde se enseñe la distribución de sales y álcali, las muestras deben representar condiciones y acumulación de sales promedio sobre áreas de tal extensión y uniformidad de carácter que puedan ser mostradas con claridad en el mapa. Pueden tomarse para estudio especial muestras con la máxima concentración de sales tanto en la misma superficie, incluyendo costras y efloraciones, como en cualquier horizonte del perfil.

Como base para la definición de las unidades cartográficas, se toman muestras de suelo del perfil para la determinación del contenido aproximado de sales. Estas muestras se toman de cada horizonte cuando los suelos muestran diferencias morfológicas claras. Cuando los perfiles se encuentran débilmente desarrollados, las muestras se toman a profundidades arbitrarias, según la acumulación de sales, estratificación y la presencia de un nivel freático o de estratos de grava o roca. Las muestras se toman usando preferiblemente una pala, aunque en la parte inferior del suelo se puede usar un taladro cuando se hace difícil la utilización de pala de corte. Se debe tener mucho cuidado para evitar contaminaciones, sobre todo cuando se hace uso del taladro.

Las determinaciones del contenido de sales se pueden hacer en el campo cuando se toman las muestras o luego en el laboratorio u otro lugar conveniente en donde se disponga de agua para lavar el equipo. Para determinaciones de campo se hace necesario tener agua destilada para saturar el suelo y un tanque grande con agua para para lavar el equipo. La mezcla de muestras de suelo puede hacerse sobre cuadrados pequeños de tela encerada.

Es preferibe realizar pruebas de campo frecuentes ya que en esta forma el contenido de sales se puede correlacionar inmediatamente, en el sitio mismo, con la vegetación, drenaje, relieve, apariencia superficial y demás factores relacionados. De esta manera el edafólogo se puede formar rápidamente una buena base para estimar el contenido de sales de los tipos de suelos, lo cual le permitirá trazar con exactitud las líneas de las áreas afectadas por salinidad. Las determinaciones de campo son a menudo deseables cuando las condiciones en el área no son bien conocidas, como es el caso cuando se inicia un levantamiento de suelo. En donde se conocen las correlaciones generales, sin embargo, puede ser preferible tomar las muestras y hacer las pruebas en un lugar más apropiado y tomando el tiempo suficiente. A menudo el no interrumpir el levantamiento cartográfico para hacer un número de determinaciones de sales conduce a una economía apreciable de tiempo. Por otro lado, cuando se hacen los análisis en el laboratorio o en la base de operaciones, puede ser que el edafólogo necesite volver al campo después de que se han hecho los análisis, con el fin de comprobar los resultados. De esta manera los linderos que encierran condiciones de salinidad o alcalinidad pueden trazarse o revisarse parcialmente con base en los resultados de las determinaciones.

Cuando se preparan las muestras de suelo para determinaciones aproximadas de contenido de sales, se remueven piedras, partículas de raíces y todo material extraño. Parte de la muestra, se pone en un recipiente apropiado de mezclar y se le agrega agua destilada lentamente mientras el suelo se agita con una espátula hasta que se alcance la saturación. El suelo saturado de esta manera recibe el nombre de pasta de suelo. Debido a que las muestras secas de arcillas plásticas absorben el agua lentamente, puede ser necesario pulverizar la muestra y cernirla en un cernidor de dos milímetros antes de tratar de saturarla con el agua destilada. La cápsula de caucho duro, o célula de conductancia, se llena con el suelo saturado. La célula debe ser golpeada suavemente con el fin de eliminar burbujas de aire; el exceso de suelo se elimina con una espátula, con lo cual se consigue dejar la superficie lisa y la célula llena en forma uniforme. Esta célula se coloca entre los contactos eléctricos, se cierra el circuito y al indicador del puente se le da entonces hacia adelante y hacia atrás de la escala, colocando las bobinas de 10—, 100—, o 1000— ohms en el circuito, según sea necesario, hasta que se encuentra el punto muerto, el cual se alcanza cuando el zumbido que se oye por el auricular disminuye hasta llegar al mínimo. El producto de la resistencia de la bobina por la lectura de la escala es la lectura del puente, o sea la resistencia del suelo sin corrección para temperatura. Por ejemplo, cuando se usa la bobina de 100 ohm y la lectura en la escala es 1.25, la resistencia del suelo es 125. Si el punto muerto se encuentra cerca del final de la escala es aconsejable poner la bobina extra de 100 ohm en el circuito; luego se restan al producto

de la resistencia por lectura de la escala los 100 ohms para obtener así la lectura del puente. Una vez medida la resistencia, se registra de inmediato la temperatura del suelo en la célula y se corrige la lectura para reducirla a una base uniforme. Se puede determinar la resistencia de aguas de riego, de drenaje u otras aguas sustituyendo en la célula el suelo por el agua.

Corrección para temperatura de las lecturas del puente.—La resistencia del suelo se corrige a una temperatura uniforme de 60º F. Esto puede hacerse usando los valores de la tabla 8, tomados del Boletín 61 (4) o por el uso de un monograma.

En otros tipos de puentes de Wheatstone para uso de laboratorio que operan con baterías o con corriente alterna de 110-voltios, el punto muerto puede determinarse por medio de un ojo eléctrico en vez de los auriculares. Con este tipo de puente puede usarse una célula que corrige la temperatura.

Interpretación de las lecturas del puente o resistencia del suelo.—Han sido presentados dos métodos para interpretar las lecturas del puente. La interpretación más vieja y común de las lecturas de resistencia del suelo se ha hecho en términos de contenido aproximado de sales en la muestra de suelo, expresado en porcentaje sobre la base de peso seco. Por ejemplo, supongamos que la resistencia a 78º F. es de 1.439 ohms: En la tabla 8 se puede ver que una resistencia de 1.000 ohms a 78º F. tiene un valor a 60º F. de 1.262 ohms; 400 ohms (un décimo de 4.000 ohms) tienen un valor equivalente de 505 ohms; uno de 30 ohms (un centésimo de 3.000 ohms) un valor de 38 ohms y uno de 9 ohms es equivalente a 11 ohms. La suma de estos valores corregidos es de 1.816 ohms, la cual, como se ve abajo, es el valor corregido para 60º.

Resistencia a 60°F	*Resistencia a 78°F*
1.262	1.000
505	400
38	30
11	9
1.816	1.439

La conversión de las lecturas de resistencia del suelo en contenido aproximado de sales de la muestra de suelo se hace usando para

(4) DAVIS, R. O. E., y BRYAN, H., THE ELECTRICAL BRIDGE FOR THE DETERMINATION OF SOLUBLE SALTS IN SOILS. U. S. Dept. Agr., Bur. Soils Bul. 61, 36 pp., illus. 1910.

CUADRO 8. — REDUCCION DE LA RESISTENCIA ELECTRICA DE LOS SUELOS A TEMPERATURA UNIFORME DE 60° F.

Fahrenheit Grados	*Resistencia cuando la resistencia indicada es:*								
	1.000	*2.000*	*3.000*	*4.000*	*5.000*	*6.000*	*7.000*	*8.000*	*9.000*
	Ohms	*Ohms*	*Ohms*	*Ohms*	*Ohms*	*Ohms*	*Ohms*	*Ohms*	*Ohms*
32	625	1.250	1.875	2.500	3.125	3.750	4.375	5.000	5.625
32.5	632	1.264	1.896	2.528	3.150	3.792	4.424	5.056	5.688
33	639	1.278	1.917	2.556	3.195	3.834	4.473	5.112	5.751
33.5	646	1.292	1.938	2.584	3.230	3.876	4.522	5.168	5.814
34	653	1.306	1.959	2.612	3.265	3.918	4.571	5.224	5.877
34.5	660	1.320	1.980	2.640	3.300	3.960	4.620	5.280	5.940
35	667	1.334	2.001	2.668	3.335	4.002	4.669	5.336	6.003
35.5	674	1.348	2.022	2.696	3.370	4.044	4.718	5.392	6.066
36	681	1.362	2.043	2.724	3.405	4.086	4.767	5.448	6.129
36.5	688	1.376	2.064	2.752	3.440	4.128	4.816	5.504	6.192
37	695	1.390	2.085	2.780	3.475	4.170	4.865	5.560	6.255
37.5	702	1.404	2.106	2.808	3.510	4.212	4.914	5.616	6.318
38	709	1.418	2.127	2.836	3.545	4.254	4.963	5.672	6.381
38.5	716	1.432	2.148	2.864	3.580	4.296	5.012	5.728	6.444
39	722	1.444	2.166	2.888	3.610	4.332	5.054	5.776	6.498
39.5	729	1.458	2.187	2.916	3.645	4.374	5.103	5.832	6.561
40	736	1.472	2.208	2.944	3.680	4.416	5.152	5.888	6.634
40.5	743	1.486	2.229	2.972	3.715	4.458	5.201	5.944	6.687
41	750	1.500	2.250	3.000	3.750	4.500	5.250	6.000	6.750
41.5	757	1.514	2.271	3.028	3.785	4.542	5.299	6.056	6.813
42	763	1.526	2.289	3.052	3.815	4.578	5.341	6.104	6.867
42.5	770	1.540	2.310	3.080	3.850	4.620	5.390	6.160	6.930
43	776	1.552	2.328	3.104	3.880	4.656	5.432	6.208	6.984
43.5	782	1.564	2.346	3.128	3.910	4.692	5.474	6.256	7.038
44	788	1.576	2.361	3.152	3.940	4.728	5.516	6.304	7.092
44.5	794	1.588	2.382	3.176	3.970	4.764	5.558	6.352	7.146
45	800	1.600	2.400	3.200	4.000	4.800	5.600	6.400	7.200
45.5	807	1.614	2.421	3.228	4.035	4.842	5.649	6.456	7.263
46	814	1.628	2.442	3.256	4.070	4.884	5.698	6.512	7.326
46.5	821	1.642	2.463	3.284	4.105	4.926	5.747	6.568	7.389
47	828	1.656	2.484	3.312	4.140	4.968	5.796	6.624	7.452
47.5	835	1.670	2.505	3.340	4.175	5.010	5.845	6.680	7.515

48	842	1.684	2.526	3.368	4.210	5.052	5.884	6.736	7.578
48.5	849	1.698	2.547	3.396	4.245	5.094	5.933	6.792	7.641
49	856	1.712	2.568	3.424	4.280	5.136	5.992	6.848	7.704
49.5	862	1.724	2.586	3.448	4.310	5.172	6.034	6.896	7.758
50	868	1.736	2.604	3.472	4.340	5.208	6.076	6.944	7.812
50.5	875	1.750	2.625	3.500	4.375	5.250	6.125	7.000	7.875
51	881	1.762	2.643	3.524	4.405	5.286	6.167	7.048	7.929
51.5	887	1.774	2.661	3.548	4.435	5.322	6.209	7.096	7.983
52	893	1.786	2.679	3.572	4.465	5.358	6.251	7.144	8.037
52.5	900	1.800	2.700	3.600	4.500	5.400	6.300	7.200	8.100
53	906	1.812	2.718	3.624	4.530	5.436	6.342	7.248	8.154
53.5	912	1.824	2.736	3.648	4.560	5.472	6.384	7.296	8.208
54	919	1.838	2.757	3.676	4.595	5.514	6.433	7.352	8.271
54.5	926	1.852	2.778	3.704	4.630	5.556	6.482	7.408	8.334
55	933	1.866	2.799	3.732	4.665	5.598	6.531	7.464	8.397
55.5	940	1.880	2.820	3.760	4.700	5.640	6.580	7.520	8.460
56	947	1.894	2.841	3.780	4.735	5.682	6.629	7.576	8.523
56.5	954	1.908	2.862	3.816	4.770	5.724	6.678	7.632	8.586
57	961	1.922	2.883	3.844	4.805	5.766	6.727	7.688	8.649
57.5	968	1.936	2.904	3.872	4.839	5.807	6.775	7.743	8.711
58	974	1.948	2.922	3.896	4.870	5.844	6.818	7.792	8.766
58.5	981	1.962	2.943	3.924	4.905	5.886	6.867	7.848	8.829
59	987	1.974	2.962	3.949	4.936	5.923	6.910	7.898	8.885
59.5	994	1.988	2.982	3.976	4.971	5.965	6.959	7.953	8.947
60	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000	7.000	8.000	9.000
60.5	1.006	2.012	3.018	4.024	5.030	6.036	7.042	8.048	9.054
61	1.013	2.026	3.039	4.052	5.065	6.078	7.091	8.104	9.117
61.5	1.020	2.040	3.060	4.080	5.100	6.120	7.140	8.160	9.180
62	1.027	2.054	3.081	4.108	5.135	6.162	7.189	8.216	9.243
62.5	1.033	2.066	3.099	4.132	5.165	6.198	7.231	8.264	9.297
63	1.040	2.080	3.120	4.160	5.200	6.240	7.280	8.320	9.360
63.5	1.047	2.094	3.141	4.188	5.235	6.282	7.329	8.376	9.423
64	1.054	2.108	3.162	4.216	5.270	6.324	7.378	8.432	9.486
64.5	1.061	2.122	3.183	4.244	5.305	6.366	7.427	8.488	9.549
65	1.068	2.136	3.204	4.272	5.340	6.408	7.476	8.544	9.612
65.5	1.075	2.150	3.225	4.300	5.375	6.450	7.525	8.600	9.675
66	1.082	2.164	3.246	4.328	5.410	6.492	7.574	8.656	9.738
66.5	1.089	2.178	3.267	4.356	5.445	6.534	7.623	8.712	9.801

CUADRO 8. —REDUCCION DE LA RESISTENCIA ELECTRICA DE LOS SUELOS A TEMPERATURA UNIFORME DE 60° F.

Grados Fahrenheit	*1.000*	*2.000*	*3.000*	*4.000*	*5.000*	*6.000*	*7.000*	*8.000*	*9.000*
	Ohms	*Ohms*	*Ohms*	*Ohms*	*Ohms*	*Ohms*	*Ohms*	*Ohms*	*Ohms*
67	1.096	2.192	3.288	4.384	5.480	6.576	7.672	8.768	9.864
67.5	1.103	2.206	3.309	4.412	5.515	6.618	7.721	8.824	9.927
68	1.110	2.220	3.330	4.440	5.550	6.660	7.770	8.880	9.990
68.5	1.117	2.234	3.351	4.468	5.585	6.702	7.819	8.936	10.053
69	1.125	2.250	3.375	4.500	5.625	6.750	7.875	9.000	10.125
69.5	1.133	2.266	3.399	4.532	5.665	6.798	7.931	9.064	10.197
70	1.140	2.280	3.420	4.560	5.700	6.840	7.980	9.120	10.260
70.5	1.147	2.294	3.441	4.588	5.735	6.882	8.029	9.176	10.323
71	1.155	2.310	3.465	4.620	5.775	6.930	8.085	9.240	10.395
71.5	1.162	2.324	3.486	4.648	5.810	6.972	8.134	9.296	10.458
72	1.170	2.340	3.510	4.680	5.850	7.028	8.190	9.360	10.530
72.5	1.177	2.354	3.531	4.708	5.885	7.062	8.239	9.416	10.593
73	1.185	2.370	3.555	4.740	5.925	7.110	8.295	9.480	10.665
73.5	1.193	2.386	3.579	4.772	5.965	7.158	8.351	9.544	10.737
74	1.201	2.402	3.603	4.804	6.005	7.206	8.407	9.608	10.809
74.5	1.208	2.416	3.624	4.832	6.040	7.248	8.456	9.664	10.872
75	1.215	2.430	3.645	4.860	6.075	7.290	8.505	9.720	10.935
75.5	1.222	2.444	3.666	4.888	6.110	7.332	8.554	9.776	10.998
76	1.230	2.460	3.690	4.920	6.150	7.380	8.610	9.840	11.070
76.5	1.238	2.476	3.714	4.952	6.190	7.428	8.666	9.904	11.142
77	1.246	2.492	3.738	4.984	6.230	7.476	8.722	9.968	11.214
77.5	1.254	2.508	3.762	5.016	6.270	7.524	8.778	10.032	11.286
78	1.262	2.524	3.786	5.048	6.310	7.572	8.834	10.096	11.358
78.5	1.270	2.540	3.810	5.080	6.350	7.620	8.890	10.160	11.430
79	1.278	2.556	3.834	5.112	6.390	7.668	8.946	10.224	11.502
79.5	1.286	2.572	3.858	5.144	6.430	7.716	9.002	10.288	11.574
80	1.294	2.588	3.882	5.176	6.470	7.754	9.058	10.352	11.646
80.5	1.302	2.604	3.906	5.208	6.510	7.812	9.114	10.416	11.718
81	1.310	2.620	3.930	5.240	6.550	7.860	9.170	10.480	11.790

81.5	1.318	2.636	3.954	5.272	6.590	7.908	9.226	10.544	11.862
82	1.327	2.654	3.981	5.308	6.635	7.962	9.289	10.616	11.943
82.5	1.335	2.670	4.005	5.340	6.675	8.010	9.345	10.680	12.015
83	1.343	2.686	4.029	5.372	6.715	8.058	9.401	10.744	12.087
83.5	1.351	2.702	4.053	5.404	6.755	8.106	9.457	10.808	12.159
84	1.359	2.718	4.077	5.436	6.795	8.154	9.513	10.872	12.231
84.5	1.367	2.734	4.101	5.468	6.835	8.202	9.569	10.936	12.303
85	1.376	2.752	4.128	5.504	6.880	8.256	9.632	11.008	12.384
85.5	1.385	2.770	4.155	5.540	6.925	8.310	9.695	11.080	12.465
86	1.393	2.786	4.179	5.572	6.965	8.358	9.751	11.144	12.537
86.5	1.401	2.802	4.203	5.604	7.005	8.406	9.807	11.208	12.609
87	1.409	2.818	4.227	5.636	7.045	8.454	9.863	11.272	12.681
87.5	1.418	2.836	4.254	5.672	7.090	8.508	9.931	11.344	12.762
88	1.427	2.854	4.281	5.708	7.135	8.562	9.989	11.416	12.843
88.5	1.435	2.870	4.305	5.740	7.175	8.610	10.040	11.480	12.915
89	1.443	2.886	4.329	5.772	7.215	8.658	10.091	11.544	12.987
89.5	1.451	2.902	4.353	5.804	7.255	8.706	10.157	11.608	13.059
90	1.460	2.920	4.380	5.840	7.300	8.760	10.220	11.680	13.140
90.5	1.468	2.936	4.404	5.872	7.340	8.808	10.276	11.744	13.212
91	1.477	2.954	4.431	5.908	7.385	8.862	10.339	11.816	13.293
91.5	1.486	2.972	4.458	5.944	7.430	8.916	10.402	11.883	13.374
92	1.495	2.990	4.485	5.980	7.475	8.970	10.465	11.960	13.455
92.5	1.504	3.008	4.512	6.016	7.520	9.024	10.528	12.032	13.536
93	1.513	3.026	4.539	6.052	7.565	9.078	10.591	12.104	13.617
93.5	1.522	3.044	4.566	6.088	7.610	9.132	10.654	12.176	13.698
94	1.531	3.062	4.593	6.124	7.655	9.186	10.717	12.248	13.779
94.5	1.540	3.080	4.620	6.160	7.700	9.240	10.780	12.320	13.860
95	1.549	3.098	4.647	6.196	7.745	9.294	10.843	12.392	13.941
95.5	1.559	3.118	4.677	6.236	7.795	9.354	10.913	12.472	14.031
96	1.569	3.138	4.707	6.276	7.845	9.414	10.983	12.552	14.121
96.5	1.579	3.158	4.737	6.316	7.895	9.474	11.053	12.632	14.211
97	1.589	3.178	4.767	6.356	7.945	9.534	11.123	12.712	14.301
97.5	1.599	3.198	4.797	6.396	7.995	9.594	11.193	12.792	14.391
98	1.609	3.218	4.827	6.436	8.045	9.654	11.263	12.872	14.481
98.5	1.619	3.238	4.857	6.476	8.095	9.714	11.333	12.952	14.571
99	1.629	3.258	4.887	6.516	8.145	9.774	11.403	13.032	14.661

ello los valores estándar dados en el cuadro 9, la cual es una adaptación hecha a partir del Boletín 61 de la Oficina de Suelos de los Estados Unidos, o por medio del uso de una curva de estandarización preparada para el área particular. Cuando se sospeche que las condiciones locales no son corrientes deben enviarse muestras para análisis al laboratorio. Ya que las variaciones en la textura influyen en la cantidad de agua requerida para la saturación de la muestra de suelo, la clase de suelo debe tomarse en cuenta al hacer la conversión. El cuadro 9 debe utilizarse para la estimación del contenido aproximado de sales. Los números representan partes por 100.000 — equivalentes a 1.000 veces el porcentaje total de sales en el suelo seco al aire.

El segundo método relaciona las lecturas de resistencia a la conductancia del extracto de saturación más bien que al porcentaje de sales. Aunque el porcentaje de sales es una determinación útil cuando se le interpreta en la debida forma, está relacionado en forma menos directa con el crecimiento vegetal que la concentración de sales en el extracto acuoso tomado de suelos saturados, valor que se obtiene a través de medidas directas de conductancia.

CUADRO N° 9

CANTIDADES APROXIMADAS DE SALES EN SUELOS QUE CONTIENEN EN FORMA PREDOMINANTE SULFATOS Y CLORUROS CON RESISTENCIAS DADAS

Resistencia a 60°F (15,5°C)	*Arena*	*Franco*	*Franco arcilloso*	*Arcilla*
	Partes por 100.000	*Partes por* 100.000	*Partes por* 100.000	*Partes por* 100.000
18 ohms	3.000	3.000		
19 ohms	2.400	2.640	3.000	
20 ohms	2.200	2.420	2.800	3.000
25 ohms	1.500	1.700	1.940	2.200
30 ohms	1.240	1.340	1.460	1.580
35 ohms	1.040	1.140	1.220	1.320
40 ohms	860	940	1.040	1.140
45 ohms	750	780	880	980
50 ohms	670	710	770	860
55 ohms	600	640	690	770
60 ohms	550	580	630	700
65 ohms	510	540	570	630
70 ohms	480	500	530	590
75 ohms	450	470	500	550
80 ohms	420	440	470	510
85 ohms	390	420	440	480
90 ohms	370	390	410	450
95 ohms	350	370	390	420
100 ohms	330	350	370	390
105 ohms	310	330	350	370
110 ohms	300	320	330	350
115 ohms	280	290	310	330
120 ohms	270	280	290	320
125 ohms	250	260	280	300
130 ohms	240	250	260	280
135 ohms	230	240	250	270
140 ohms	220	230	240	260
145 ohms	210	220	230	250
150 ohms	210	210	220	240
155 ohms	200	210	210	230
160 ohms	200	200	210	220
165 ohms	190	200	200	210
170 ohms	190	190	200	200

Durante los últimos años se han hecho en el Laboratorio Regional de Salinidad de los Estados Unidos muchas determinaciones de resistencia de suelo saturado y conductividad del extracto de saturación de una misma muestra. Para suelos salinos que contienen cloruros y sulfatos mezclados se ha encontrado que lecturas de la resistencia del suelo pueden usarse para estimar la conductancia del extracto de saturación tanto como para estimar el porcentaje de sales. Esto permite interpretar directamente las lecturas de resistencia del suelo en unidades relacionadas en forma más precisa con el crecimiento de los cultivos.

En el cuadro 10 se relacionan las lecturas de la resistencia del suelo tanto al porcentaje de sales como a la conductancia del extracto de saturación para determinados porcentajes de humedad establecidos del suelo saturado. (En el trabajo rutinario es más conveniente el uso de gráficos o nomogramas que el del cuadro).

Después de determinar la resistencia en ohms por medio del uso del puente y después de corregir las lecturas resultantes al de 60º F de temperatura, se puede usar el cuadro 10 para determinar el porcentaje aproximado por peso en suelo seco, de sales solubles y la conductancia en milimhos por centímetro de un extracto de saturación correspondiente. La conductancia debe entonces usarse como base para la estimación de las clases de salinidad más bien que para porcentajes de sales en el suelo. Si la muestra de suelo que se analiza tiene una textura franca puede tener un porcentaje de saturación alrededor de 30 por ciento. Si la resistencia, después de ser corregida a 60º, es 160, la tabla 10 muestra que el contenido aproximado de sales es de 0,14 por ciento en base seca y que la conductancia eléctrica del extracto de saturación de este suelo sería de 6 milmhos por centímetro. El suelo representado por esta muestra sería entonces clasificado como "conteniendo sales suficientes para tener un efecto ligero sobre la mayoría de los cultivos" (clase 1).

Por medio de un procedimiento similar, una muestra de suelo con textura arcillosa, que tenga un porcentaje de saturación de 70 por ciento y una resistencia de 110 ohms contendría cerca de 0,34 por ciento de sales solubles y un extracto saturado de este suelo tendría una conductancia de 6 milimhos por centímetro. Este suelo arcilloso por lo tanto, se colocaría en la misma clase de salinidad que el suelo franco descrito anteriormente. Los límites para diferenciar las clases de salinidad son similares a los usados cuando se determinan la conductancia del extracto de saturación. Las clases serían, en milimhos por centímetros: 0 a 4, 4 a 8, 8 a 15 y sobre 15 (Véase página 477). Los límites sugeridos se correlacionan bien con el crecimiento de los cultivos porque la conductancia del extracto de saturación da la medida directa de la actividad iónica en una solución que aparentemente alcanza la naturaleza de la solución del suelo.

El porcentaje de saturación de muestras de turbas o suelos ricos en materia orgánica debe estimarse en forma precisa o hacerse la determinación.

En el campo puede usarse un método simple para la determinación del porcentaje de saturación empleando para ello una balanza corriente que pese hasta 0.1 gramos. El procedimiento es el siguiente: (5). Determínese el volumen y peso tarado de la cápsula que se va a usar. (La cápsula de la "Oficina de Suelos" sirve al efecto). Llénese la cápsula con pasta saturada de suelo y agítese, durante el llenamiento con el fin de excluir el aire, elimínese el exceso de suelo en tal forma que este quede a ras con el borde de la cápsula. Pésese y del peso neto cacúlese el porcentaje de saturación usando la siguiente ecuación:

$$PS = \frac{100\ (2.65\ V - W)}{2.65\ (W - V)}$$

PS = Porcentaje de saturación.
V = Volumen de la pasta de suelo saturado en centímetros cúbicos.
W = Peso neto del volumen (V) de la pasta de suelo saturado, expresado en gramos.

Los cálculos se simplifican por medio de uso de una tabla o gráfico que conecte los valores de W y PS para un valor V determinado. Para facilitar la preparación de una tabla de esta índole, la ecuación puede arreglarse así:

$$W = \frac{V\ (100 + PS)}{(37.74 + PS)}$$

Las suposiciones principales en esta ecuación son que la fase sólida (granos de suelo) de la pasta de suelo saturada tiene una densidad de 2,65 gm/cc; que la fase líquida tiene una densidad de 1.00 gm/cc; —y que el aire o cualquier otro gas se excluyen cuando se realiza la pesada.

(5) WILCOX, L. V., A METHOD FOR CALCULATING THE SATURATION PERCENTAGE FROM THE WEIGHT OF A KNOWN VOLUME OF SATURATED SOIL PASTE. 1949. (Manuscrito no publicado.)

ADRO 10. — SUELOS SALINOS QUE CONTIENEN SALES NEUTRAS MEZCLADAS; CONDUCTANCIA DEL EXTRACTO DE SATURACION; RESISTENCIA MS DE UNA PASTA DE SUELO SATURADA A 60º F PARA PORCENTAJE DE HUMEDAD DADO; PORCENTAJE DE SALES EN LA PASTA DE SU SATURADA PARA PORCENTAJE DE HUMEDAD DADO (1).

(R = Resistencia a 60º F para el porcentaje de humedad designado; S = Sal al porcentaje de humedad designado.)

onductancia el extracto saturación	Porcentaje de humedad de la pasta del suelo																	
	20		30		40		50		60		70		80		90		100	
	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R	
mhos/cm. 5º C x 10^3)	Ohms	%	Ohms	%	Ohms	%	Ohms	%	Ohms	%	Ohms	%	Ohms	%	Ohms	%	Ohms	
. . . . .	380	0,05	295	0,07	255	0,09	230	0,11	210	0,14	200	0,16	190	0,18	185	0,20	180	0,
. . . . .	295	06	230	09	195	12	180	16	165	19	155	22	145	25	140	28	140	
. . . . .	245	08	190	12	160	16	145	20	135	24	125	28	120	32	115	36	115	
. . . . .	205	10	160	14	140	19	125	24	115	29	110	34	105	39	100	43	96	
. . . . .	180	11	140	17	120	23	110	28	99	34	93	40	89	46	86	51	83	
. . . . .	160	13	125	20	105	26	96	33	88	40	83	46	80	53	77	59	74	
. . . . .	145	15	110	22	96	30	87	37	81	45	76	52	73	60	70	67	68	
. . . . .	130	17	100	25	88	34	80	42	74	50	69	59	66	67	64	76	62	
. . . . .	110	20	87	31	75	41	67	51	62	61	59	72	56	82	54	92	52	1,
. . . . .	92	26	71	39	61	52	55	65	51	78	48	91	46	1,05	44	1,15	43	1,
. . . . .	71	36	55	53	47	71	43	89	40	1,05	37	1,25	35	1,40	34	1,60	33	1,
. . . . .	60	45	45	68	39	91	35	1,15	32	1,35	30	1,60	29	1,80	28	2,05	27	2,
. . . . .	50	55	39	83	33	1,10	30	1,40	28	1,65	26	1,95	25	2,20	24	2,50	23	2,
. . . . .	43	65	34	98	29	1,30	26	1,65	24	1,95	23	2,30	22	2,60	21	2,95	20	3,
. . . . .	39	76	30	1,10	26	1,50	23	1,90	21	2,25	20	2,65	19,0	3,00	18,5	3,40	18,0	3,
. . . . .	35	86	27	1,30	23	1,70	21	2,15	20	2,55	18,5	3,00	17,5	3,45	17,0	3,85	16,5	4,
. . . . .	32	96	25	1,45	21	1,90	19,0	2,40	17,5	2,90	16,5	3,35	16,0	3,85	15,0	4,35	15,0	4,

Estos valores han sido calculados por Robert A. Gardner, a partir de relaciones medias de medidas hechas en muestras de suelo tomadas en el leva miento de suelos del área de Grand Junction, Colorado. La resistencia en Ohms después de 100 se da redondeando cada 5 ohms, y bajo 20 se aproxima h 0,5 ohms. El porcentaje de sales en el suelo cuando es mayor de 1,00 se aproxima hasta 0,05%.

Ordinariamente en el campo, sin embargo, el porcentaje de saturación aproximado se estima de la textura del suelo en la forma siguiente:

Textura	*Porcentaje de saturación*
Arena	15 - 20
Franco arenoso	20 - 30
Franco	30 - 45
Franco limoso	30 - 50
Franco arcilloso	45 - 60
Franco arcilloso limoso	45 - 60
Arcilloso limoso	55 - 90
Arcilla	55 - 90

La materia orgánica bien descompuesta aumenta la capacidad de retención de humedad del suelo en cerca de 2 por ciento por cada uno por ciento de su contenido de materia orgánica. También tienen un efecto marcado en la capacidad de retención de humedad el sodio cambiable y el tipo de mineral arcilloso. La mayoría de las arcillas que se encuentran en los suelos de la parte suroeste de los Estados Unidos tienen porcentajes de saturación que oscilan entre 55 y 70 por ciento. Las arcillas de gravedad específica baja y las que se hinchan y secan en exceso, tienen porcentajes de saturación muy altos. Los porcentajes de saturación para arcillas Bowdoin de Montana, por ejemplo, varían entre 90 y 100 por ciento (6). Cuando se trabaja en un área en donde los procentajes de saturación son muy particulares el edafólogo debe determinar los valores él mismo o hacer que los determinen en el laboratorio. Muchos suelos salinos altos en sodio cambiable tienen porcentajes de saturación más altos que los indicados en la lista anterior. Los suelos fuertemente alcalinos requieren, para una clasificación adecuada y para predicciones de manejo, además de la determinación de conductancia, el pH de la pasta y el de una dilución de suelo-agua de 1 a 5, porcentaje de sodio cambiable y permeabilidad. Las determinaciones del tipo del mineral arcilloso y de la capacidad total de campo son también útiles.

Soluciones acuosas.—El contenido de sales de una solución acuosa puede determinarse en la misma manera que se hace con el suelo saturado. En vista de que las soluciones acuosas se expresan en términos de conductancia eléctrica a 25º C., en micromhos o milimhos por centímetro, debe usarse este método estándar. Cuando se necesitan equivalentes gravimétricos, la conductancia eléctrica en

(6) FRAHM, E. E., CHEMICAL AND PHYSICAL CHARACTERISTICS OF BOWDOIN CLAY FROM THE MILK RIVER VALLEY OF MONTANA. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 13:445-460, ilus. 1948.

CUADRO 11. — CONDUCTANCIA ELECTRICA DE AGUAS NATURALES (EN MILIMHOS POR CENTIMETRO) A 25° C (1), CON UNA CONSTANTE DE CELULA DE 0,25 (2).

(Para obtener conductancia $k \times f_t$, debe dividirse entre la resistencia del puente.)

°C.	°F.	$k \times f_t$	°C.	°F.	$k \times f_t$	°C.	°F.	$k \times f_t$
3,0	37,4	432	17,0	62,6	299	31,0	87,8	222
4,0	39,2	420	18,0	64,4	292	32,0	89,6	218
5,0	41,0	408	19,0	66,2	286	33,0	91,4	214
6,0	42,8	396	20,0	68,0	280	34,0	93,2	210
7,0	44,6	385	21,0	69,8	273	35,0	95,0	207
8,0	46,4	375	22,0	71,6	267	36,0	96,8	203
9,0	48,2	365	23,0	73,4	261	37,0	98,6	200
10,0	50,0	355	24,0	75,2	255	38,0	100,2	196
11,0	51,8	346	25,0	77,0	250	39,0	102,2	193
12,0	53,6	338	26,0	78,8	245	40,0	104,0	190
13,0	55,4	329	27,0	80,6	240	41,0	105,8	187
14,0	57,2	321	28,0	82,4	235	42,0	107,6	184
15,0	59,0	314	29,0	84,2	230	43,0	109,4	181
16,0	60,8	306	30,0	86,0	226	44,0	111,2	179

(1) Los milimhos por centímetro a 25°C, multiplicados por 600, dan aproximadamente las partes de sales por millón en las aguas naturales.

(2) f_t es la corrección de temperatura con constante de célula (k) de 0,25.

milimhos por centímetro por 600 da la cantidad aproximada en partes por millón.

El cuadro 11 puede usarse para determinar la conductancia eléctrica de aguas naturales en milimhos por centímetro a 25°C, con una constante de célula (k) de 0,25.

Monogramas.—Aunque las lecturas de resistencia pueden interpretarse usando los cuadros 8, 9, 10 y 11, cuando se hacen muchas determinaciones resulta más rápido y conveniente usar un monograma. En la figura 54 se muestra un ejemplo de un monograma, muy reducido para poder ser usado. En vista de que estos monogramas son útiles únicamente a aquellos que realizan muchas determinaciones de esta índole, no se ha creído necesario incluirlos como parte de este Manual. Sin embargo, la División del Levantamiento de Suelos, Estación de Industria Vegetal, Beltsville, Maryland, Estados Unidos de Norte América, suministrará a quien lo pida una copia cualquiera de los siguientes monogramas: (1°). Para relacionar resistencia en ohms, temperatura, conductancia eléctrica en milimhos por centímetro a 25°C de soluciones en aguas naturales, tal y como se miden en una cápsula de la "Oficina de Suelos", asumiendo

una constante de 0.25; (2º) para reducir la resistencia a 60ºF, la resistencia en ohms de una pasta de suelo a una temperatura particular, medida en la cápsula de la "Oficina de Suelos", asumiendo una constante de célula de 0.25 ó (3º) para cambiar las lecturas de resistencia de pastas de suelo hechas en cápsulas de la "Oficina de Suelos" a porcentaje de sales, con base en los métodos viejos.

Cuidado del puente electrolítico. — El puente electrolítico es un instrumento delicado que se puede quebrar fácilmente cuando sufre golpes o movimientos bruscos. En el campo puede transportarse con entera seguridad siempre que se le coloque en una capa que tenga material amortiguador acolchonado. Los electrodos de la célula de caucho endurecido deben estar muy limpios y sin grasa y no deben permitirse incrustaciones de barro en la célula y partes del puente. Los contactos deben mantenerse limpios. Los ajustes y reparaciones de importancia del puente nunca se deben hacer en el campo. Para transportar el instrumento por largas distancias, es necesario remover la pesada batería eléctrica que se encuentra en el compartimiento inferior, pues puede aflojarse y causar daños serios.

Otros métodos para determinar la salinidad del suelo

El puente de Wheatstone ha sido útil por muchos años en la determinación aproximada del contenido de sales del suelo. Aquí el contenido de sales se mide por medio de la resistencia del suelo, pero los resultados siempre son únicamente aproximados. La corriente eléctrica transportada por un suelo saturado puede variar considerablemente con sales de diversa composición, aunque el total de sales siga siendo el mismo. Un método más preciso para la determinación del contenido de sales del suelo y la concentración de sales en la solución del suelo lo constituye el análisis químico por medio del cual se determina la composición de las sales solubles (7). Estos análisis químicos no se adaptan fácilmente a las necesidades de campo y únicamente se justifican cuando se trata de estudios especiales o como control. Si el contenido de sales se determina midiendo la resistencia del suelo saturado, las variaciones en la conductancia de los minerales del suelo y las variaciones en el contenido de la humedad de la pasta del suelo vienen a constituir otras fuentes de error (8).

Las medidas directas de la conductancia de la solución del suelo o del extracto pueden usarse para estimar la salinidad del suelo o para valorar sus relaciones con el crecimiento vegetal. Las medidas de conductancia de los extractos de suelo son más precisas que las

---

(7) MAGISTAD, O. C.; REITEMEIER, R. F., y WILCOX, L. V., DETERMINATION OF SOLUBLE SALTS IN SOILS. Soil Sci., 59:65-75. 1945.

(8) REITEMEIER, R. F., y WILCOX, L. V., A CRITIQUE OF ESTIMATING SOIL SOLUTION CONCENTRATION FROM THE ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF SATURATED SOILS. Soil Sci. 61:281-293, illus. 1946.

interpretaciones de la resistencia de la pasta, pero son menos que los análisis químicos. Para la determinación de la conductancia en extractos de suelo se necesitan más aparatos y el método es más lento que el usado en la medida de la resistencia del suelo saturado. El método del extracto puede adaptarse para uso de campo situando el equipo en una localidad conveniente dentro del área de estudio. Para ello no es necesario disponer de un laboratorio completo.

El uso de las medidas de conductancia para la valorización de salinidad en muestras de suelo, se explica en el manual titulado **Diagnóstico y Mejoramiento de Suelos Salinos y Alcalinos,** preparado por el Laboratorio Regional de Salinidad de los Estados Unidos de Norte América. El uso del extracto del suelo saturado —llamado extracto de saturación— se recomienda para medidas de conductancia. Para análisis de rutina este es el contenido mínimo de humedad, al cual es posible extraer la solución de suelo. Con suelos de textura media, el porcentaje de saturación es aproximadamente el doble de la capacidad de campo. De esta manera las medidas hechas en el extracto de saturación están relacionadas con la solución de suelo a capacidad de campo; y el efecto de la dilución de sales en suelos arcillosos debido a su más alta capacidad de retención de humedad es tomada en cuenta automáticamente. La conductancia del extracto de saturación puede usarse directamente para correlacionar la salinidad con el crecimiento vegetal, sin conversión o referencia a ninguna otra escala.

El extracto de saturación se obtiene del suelo saturado, preparado tal y como se describió anteriormente cuando se trató del uso del puente electrolítico, por medio del uso de un filtro a presión o succión. La conductancia eléctrica es la recíproca de la resistencia y se expresa en términos de mhos u ohms recíprocos. La unidad estandar de conductancia es el mho por centímetro a 25ºC. Cuando se trata del extracto de suelos salinos, es conveniente el uso del milimho por centímetro (1.000 milimhos igual a 1 mho). Después de que se obtiene el extracto de saturación de la muestra de suelo saturada, se mide su conductancia por medio de un puente de conductancia y célula adecuados. De la correlación de medidas de conductancia eléctrica del extracto de saturación con el crecimiento de las plantas, se ha sacado como conclusión que son salinas las muestras de suelo con conductancia mayor de 4 milimhos por centímetro.

Para la valoración de la salinidad se han usado también las medidas de la conductancia eléctrica de extractos más diluídos que el del suelo saturado, tales como suspensión 1:1 ó 1:5 de suelo-agua. Ya que el extracto puede obtenerse filtrando sin necesidad de succión o presión, estos métodos resultan convenientes para determinaciones rápidas. La veracidad de las determinaciones hechas en estos extractos, depende de la clase de sales presente. Si únicamente hay cloruros los resultados son poco afectados por el contenido de humedad pero si hay sulfato de calcio en cantidades significativas, las

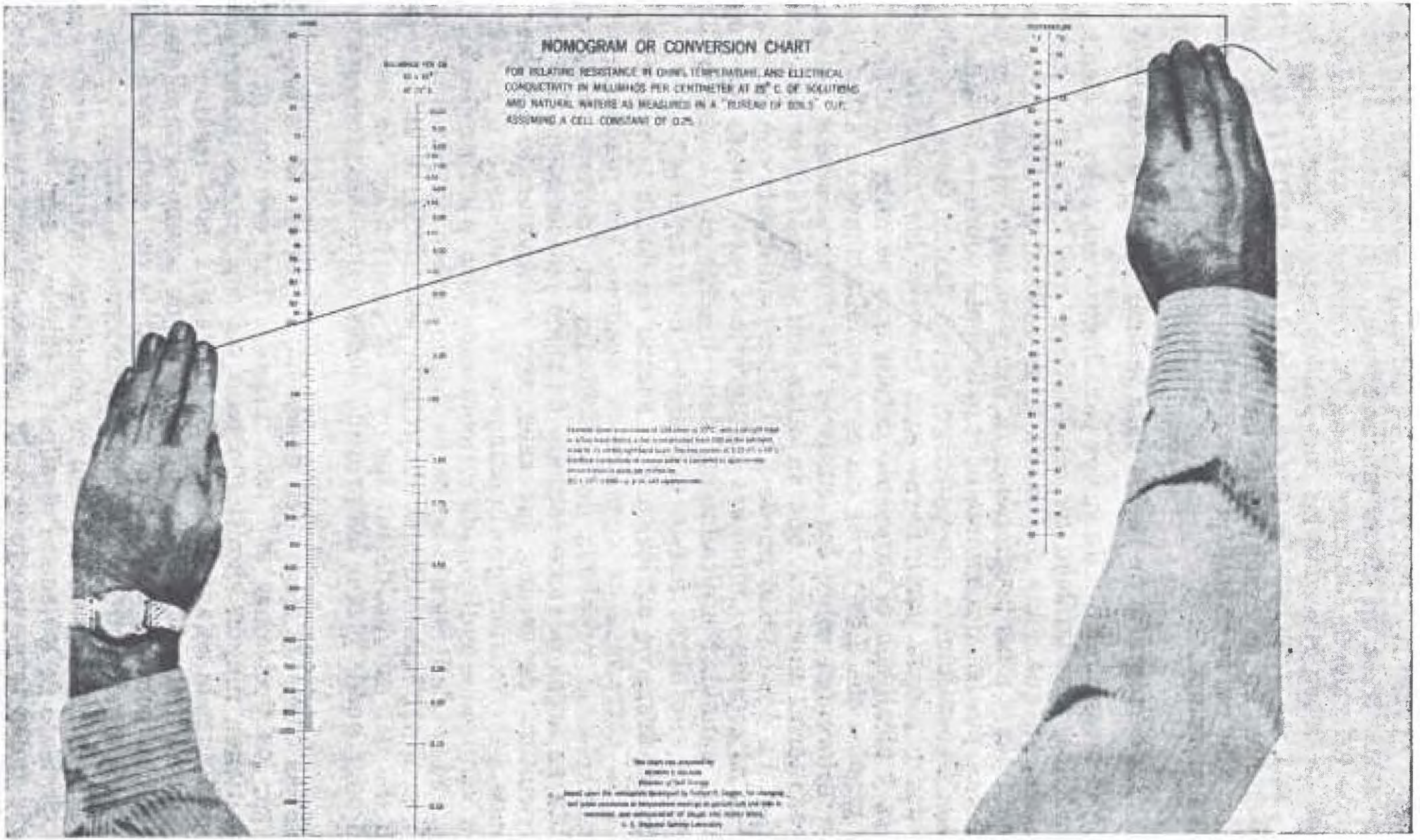


Fig. 54. — **Fotografía muy reducida de un monograma usado en la interpretación rápida de lecturas de resistencia.**

cantidades disueltas dependen de la relación suelo-agua. El carbonato de calcio tiene un efecto mucho menor, significativo únicamente cuando los valores son muy bajos. Al valorar la exactitud de los métodos se deben recordar los inevitables errores que tienen lugar en la toma de muestras de suelos. Los gastos extra y el tiempo que se empiea en la exactitud de las medidas no se pueden justificar más allá de la exactitud con que las muestras representan el suelo en el campo.

La cartografía de suelos para indicar sales y álcalis

En el levantamiento de suelos para indicar las sales y álcali que hay en ellos, el edafólogo de campo tiene que considerar muchos problemas, ya que estas cualidades se relacionan a otras características edáficas y a las predicciones de uso y manejo. Muchas de estas condiciones pueden describirse adecuadamente sobre la base del tipo de suelo. Generalmente, sin embargo, deben usarse fases y símbolos especiales o mapas particulares para mostrar las clases definidas de sales y álcali con el suficiente detalle que permita su utilización en los pronósticos. Las varias clases y combinaciones de sales tienen efectos diferentes sobre los cultivos. En muchos suelos las sales son transitorias mientras que en otros son comparativamente estacionarias. La alcalinidad puede o no estar combinada con un exceso de sales. Al establecer unidades cartográficas para indicar las condiciones de salinidad o alcalinidad, debe tenerse en cuenta la clase de cultivos que tienen mayor posibilidad de prosperar.

En las áreas de agricultura de secano en donde la remoción de sales o la correccion de condiciones alcalinas son ordinariamente impracticables el problema de cartografía es diferente al que se presenta en áreas de riego actual o de riego potencial. En las áreas de agricultura de secano, las sales son relativamente estables y en donde solo existen profundamente en el subsuelo o substrato pueden sembrarse cultivos de sistema radicular poco profundo. En estas áreas corrientemente no es necesario tomar muestras de suelo para determinar salinidad más abajo de la penetración de la humedad. Por medio del estudio de los suelos y la penetración de las raíces el edafólogo puede juzgar las profundidades a que debe tomar muestras.

En las zonas de riego o en donde haya posibilidad de proyectos de riego, los problemas son más difíciles. Los estratos profundos que no tienen ningún significado bajo las condiciones naturales lo adquieren cuando se agrega agua. Si existe una capa freática salina dentro de un límite de 1,80 m., la sal se puede acumular rápidamente en el sólum, sobre todo cuando la superficie del suelo está descubierta y el movimiento capilar es de moderado a alto.

La vegetación y en especial la cobertura natural, ayuda en el reconocimiento de los suelos alcalinos y salinos y sus linderos. Usando como guías la geomorfología, la vegetación y otras caracterísli-

cas, se pueden hacer pruebas de sales y álcali para correlacionar las diferentes concentraciones de sales o grados de alcalinidad con las características observables. De esta manera pueden usarse las diferentes concentraciones como guía para el trazo de los linderos en el mapa. Las plantas varían en su tolerancia a las sales de acuerdo con las especies, las variedades y aún edades y también, en cierto grado, con otras condiciones de crecimiento. Algunas plantas no son buenas indicadoras pues crecen bien ya sea con regulares cantidades de sales en el suelo o en ausencia de salinidad o alcalinidad.

La morfología del suelo puede también correlacionarse con la salinidad y alcalinidad determinadas por medio de pruebas en muestras de suelos. Estas correlaciones son de importancia primordial en suelos maduros, pero son menos seguras en llanuras aluviales jóvenes.—Las muestras de suelo que se usan en la valoración de salinidad y alcalinidad deben tomarse en cuenta con específica consideración los problemas existentes. En las áreas de agricultura de secano, en donde el movimiento de sales en el suelo usualmente muy lento, deben tomarse las muestras para la determinación de las porciones específicas de suelo en las cuales hay presencia de sales o en las cuales hay un grado alto de alcalinidad. En áreas de riego, especialmente en aquellas donde se usa subirrigación o en las cuales los niveles freáticos son altos, la mayor parte de las sales se encuentran, algunas veces, en la superficie o en los primeros centímetros. Para la mayoría de los suelos aluviales bajo riego se sugiere que con el contenido de sales sea determinado en muestras compuestas tomadas en los 15 cm. superficiales y en muestras compuestas tomadas entre 15 y 45 cm., 45 a 90 cm. y 0,90 a 1,80 m. Cuando se presenta una estratificación muy marcada en el perfil, deben tomarse muestras separadas de cada estrato. Los suelos con perfiles desarrollados deben muestrearse de acuerdo con los horizontes. Si la germinación de la semilla es de importancia primordial, puede que sea necesario tomar muestras separadas de los 5 a 8 cm. superficiales. En campos con riego por surcos, las sales pueden acumularse rápidamente en el filo de los camellones. Cuadno hayan suficientes razones para sospechar la posibilidad de problemas de salinidad o alcalinidad, deben hacerse determinaciones en suficientes muestras para poder valorar la condición general.

CLASES DE SALINIDAD Y ALCALINIDAD

En los mapas detallados los suelos con cantidades de sales perjudiciales o con alto grado de alcalinidad deben mostrarse separadamente de los no alcalinos o no salinos. Cada subdivisión de un tipo de suelo, hecha de acuerdo con su salinidad o alcalinidad debe definirse y para ella debe pronosticarse el desarrollo del uso junto con recomendaciones para su tratamiento. La definición de las

unidades cartográficas varía con el carácter y condición de las acumulaciones de sales, el carácter físico del suelo, posible utilización y los objetivos del levantamiento de suelos. En las zonas de salinidad muy difundida y en donde las concentraciones de sales varían de una parte del área a otra o en donde los grados de alcalinidad varían, los suelos pueden agruparse, en términos del significado agronómico de las sales y álcali, en la manera siguiente:

Clase 0: Suelos sin exceso de sales o álcali. No muestran ninguna evidencia de daño por exceso de sales o álcali y prácticamente ningún cultivo sufre en ellos por esta causa.

Clase 1: Suelos ligeramente afectados por sales o álcali. En ellos los cultivos susceptibles a la salinidad o alcalinidad sufren en alguna forma; esto no sucede con los cultivos tolerantes a la salinidad.

Clase 2: Suelos afectados moderadamente por sales o álcali. El crecimiento de las plantas es obstaculizado y no hay ningún cultivo que no sufra las consecuencias.

Clase 3: Suelos fuertemente afectados por sales o álcali. En ellos sobreviven únicamente unas pocas clases de plantas.

El primer grupo (Clase 0) incluye aquellos suelos en los que el promedio de concentración de sales o grado de alcalinidad a una profundidad de 1,50 a 1,80 metros es tal que no afecta los cultivos; tampoco se encuentran concentradas en ninguno de los horizontes en donde se desarrolla el sistema radicular de las plantas. Las unidades cartográficas muy raramente son homogéneas con respecto a límite justo de una de estas clases. Si la distribución de las sales o álcali es muy irregular con sólo manchas dispersas de suelos afectados, entonces se cartografía un complejo definido.

Las líneas de separación entre suelos libres de exceso de sales o álcali y aquellos que las tienen en cantidad ligera, moderada o fuerte, generalmente se trazan una vez que se ha señalado la ubicación de las muestras en el mapa y después de tener a mano los datos analíticos. Las líneas se trazan utilizando la valoración de los datos registrados, los efectos aparentes de las sales o álcalis en el suelo, cultivos y vegetación natural así como los demás rasgos del paisaje. De esta manera las líneas pueden ser generalmente confiables, así que las plantas cultivadas sobre los suelos cartografiados como "libres" no sufrirán en forma notable por causa de sales o álcali. Esto no quiere decir que la concentración de sales solubles caerá siempre dentro del margen de variación establecido para un suelo típico de la unidad cartográfica. Dentro del área pueden incluirse pequeñas áreas que tengan concentraciones mayores de sales o álcali y también otras libres de ellas. Prácticamente no

es económico separar en el mapa cada uno de los pequeños cuerpos de suelo cuya concentración en sales varíe.

Cuando las condiciones de salinidad o alcalinidad no son comunes entre los suelos, o si no es necesario establecer una escala completa de clases, puede ser suficiente mostrar dos condiciones: 1º) suelos libres y 2º) afectados por sales o álcali. Cuando las acumulaciones de sales no son frecuentes no es necesario incluir las áreas afectadas dentro de líneas, pues tales condiciones pueden mostrarse en forma satisfactoria por medio de símbolos, definidos de acuerdo con el área y los resultados de las determinaciones de campo. Ordinariamente, sin embargo, si la acumulación de sales presenta un problema definido, será necesario separar dentro de los tipos de suelos, grados diferentes de salinidad o alcalinidad.

El exceso de sales y especialmente el de álcali, a menudo es característico de tipos individuales de suelos de modo que cuando se trazan las líneas entre las clases de acuerdo con su contenido de sales o álcali, éstas a menudo coinciden con las líneas de los tipos de suelo.

En el mapa definitivo, los símbolos para indicar áreas afectadas por sales o álcali así como las líneas entre clases, se entintan en azul o en rojo (9) (Lámina 7). Unos y otros aparecen en el mapa de suelos principal, a menos que los símbolos sean muy numerosos y oscurezcan otros símbolos. Cuando se presentan con una disposición muy intrincada se prepara otro mapa separado para salinidad o alcalinidad, a la misma escala del mapa de suelos. Cuando los símbolos son muy numerosos y su disposición es intrincada, el levantamiento de campo debe hacerse sobre una transparencia de acetato y no sobre la aerofotografía o el mapa de suelos.

Los datos acerca de muestras individuales se colocan en una tabla especial en el informe del levantamiento de suelos. El lugar indicativo del perfil del cual se tomaron las muestras puede indicarse en el mapa publicado por medio de un punto rojo, con un número de referencia a la tabla. La tabla debe indicar las profundidades de cada horizonte o capa, el porcentaje de sales solubles, el valor del pH y, en donde ello sea de importancia, la profundidad de la capa freática (10).

Determinación de clases de salinidad.—El significado del contenido promedio de sales en el perfil del suelo en la determinación

---

(9) Es preferible el azul al rojo cuando no hayan otros rasgos a favor del rojo.

(10) Anteriormente se usó un método para registrar la concentración de sales de los perfiles individuales sometidos a prueba por medio del puente de conductancia y el cual consistía en escribir una fracción en el mapa, en la cual el numerador indicaba la cantidad de sales solubles en el suelo superficial o en los primeros 30 cms., y el denominador revelaba la cantidad promedio de sales solubles en el perfil hasta una profundidad de 1,80 m. La presencia de carbonato de sodio o un pH alto se indicaban por medio de las letras C o B colocadas después de la fracción.

de las clases que se han de reconocer como unidades cartográficas y en los pronósticos de capacidad de uso del suelo, es modificado desde luego, por una concentración de sales en el suelo superficial o en cualquier otro horizonte alcanzado por las raíces, así como por la textura del suelo. Para determinar la clase de salinidad, generalmente se usa la concentración de sales del suelo superficial o la concentración promedio del perfil, la que sea más alta.

Para límites entre las clases salinas, se presentan dos grupos de valores: 1º) grupo del método viejo en el cual se usan los valores del porcentaje de sales y 2º) el grupo del método reciente y mejor, en el cual se usan las medidas de conductancia del extracto saturado.

En el método viejo, que se basa en el porcentaje de sales, el porcentaje que separa los suelos salinos de los no salinos, bajo el cual la mayor parte de los cultivos no es afectado, se establece en 0,15 por ciento. En un tiempo este porcentaje estuvo en 0,2, pero las concentraciones superficiales mayores a 0,15 por ciento son suficientes para limitar o imposibilitar la producción, aunque el contenido de sales promedio a una profundidad de 1,80 m. caiga por debajo de este porcentaje. Algunas veces, aunque no siempre, cuando algunos de los horizontes del perfil tiene un contenido de sales mayor de 0.15 por ciento, se debe clasificar el suelo a menos como "ligeramente afectado", aunque la mayoría de los cultivos no sean perjudicados con porcentajes de 0,15 en la parte inferior del suelo.

Los suelos ligeramente afectados contienen de 0.15 a 0.35 por ciento de sales distribuídas en tal forma en el perfil que perjudican los cultivos o disminuyen su producción. Suelos afectados moderadamente tienen concentraciones de 0,35 a 0,65 por ciento de sales, las cuales causan serias reducciones en la producción y en la capacidad de uso agrícola del suelo. Los suelos afectados fuertemente contienen sales en exceso de 0,65 por ciento. Las altas concentraciones se encuentran corrientemente asociadas con esterilidad y costras. Estos suelos no se pueden cultivar (11). Estos límites se sugieren a título de guías que pueden localmente variarse algo para desarrollar unidades cartográficas y clases que tengan la máxima significación. Los límites precisos para un suelo específico, por ejemplo, varían con la textura del suelo y la capacidad de retención de humedad. Para ciertas clases de perfiles de suelo, definidos en forma muy amplia, pueden desarrollarse más adelante por medio de mayores investigaciones y experiencia, normas más refinadas.

El Laboratorio Regional de Salinidad de los Estados Unidos ha desarrollado normas más adecuadas para convertir medidas de conductancia del extracto de saturación en clases de salinidad. La in-

(11) Los porcentajes de sales sugeridos generalmente son válidos para los lugares en donde predominan cloruros o sulfatos de sodio. Si hay sulfato de calcio (yeso) en cantidades apreciables, cada límite puede subirse en 0,05 ó 0,1 por ciento, ya que el yeso aunque no es altamente soluble, afecta las lecturas obtenidas en el puente electrolítico.

terpretación en términos de milimhos por centímetro, se expresa en el cuadro 12.

CUADRO 12. — LIMITES APROXIMADOS DE CLASES DE SALINIDAD

Clase	*Porcentaje de sal* (1)	*Conductancia del extracto en milimhos por centímetro* (2)
Clase 0: Libre	0 - 0.15	0 - 4
Clase 1: Ligeramente afectado	0.15 - 0.35	4 - 8
Clase 2: Moderadamente afectado.	0.35 - 0.65	8 - 15
Clase 3: Fuertemente afectado	Más de 0.65	Sobre 15

(1) Véase la calificación en el texto.
(2) Los valores que se sugieren están basados en investigación reciente.

Si se comparan estos valores con los del cuadro 10 se notará que los dos conjuntos son aproximadamente los mismos para suelos que tengan una humedad de saturación de 50 por ciento, los cuales normalmente son suelos francos arcillosos.

Determinación de clases de álcali.—Los suelos pueden ser al mismo tiempo salinos y fuertemente alcalinos. Sin embargo, algunos Solonetz son fuertemente alcalinos pero no son salinos.

Cuando se presentan suelos salinos de alta alcalinidad, las clases de salinidad deben suplementarse con los valores del pH o los porcentajes de sodio cambiable o con ambos. Además, las determinaciones de permeabilidad, capacidad de aumentar el volumen y minerales arcillosos pueden ser de mucha utilidad. Para determinaciones de pH, las muestras pueden colectarse de las mismas capas u horizontes en donde se toman muestras para determinación de sales. También puede ser necesario tomar muestras de las costras superficiales o coberturas con el fin de detectar cualquier condición alcalina perjudicial. Deben realizarse determinaciones en costras superficiales o en horizontes específicos de varios suelos.

El pH aproximado del suelo puede determinarse en el campo por medio de indicadores. Las soluciones indicadoras más útiles y los límites dentro de los cuales son efectivas son: Azul de Bromotimol, pH 6,0 a 7,6; rojo de fenol, PH 7,0 a 8,6; rojo de cresol, pH 7,2 a 8,8; azul de timol, pH 8,0 a 9,6; y fenolftaleína para pH superiores a 8,3. Para indicar fuerte alcalinidad el color de la fenolftaleina debe ser encarnado o rojo muy subidos. Para los otros indicadores se consiguen cartas colorimétricas. El azul de timol y el rojo de cresol ofrecen una oscilación generalmente satisfactoria para suelos alcalinos. Las de-

terminaciones hechas en el campo con estos indicadores y utilizando relaciones similares de suelo-agua, concuerdan bastante bien con las medidas realizadas por medio de electrodos de vidrio. La fenolftaleína aunque útil, no da valores de pH definidos.

Las determinaciones de pH con soluciones indicadoras se hacen en placas especiales y las lecturas de color se hacen con mayor exactitud cuando las diluciones suelo-agua están entre 1 a 4 y 1 a 10. Para llegar a la cantidad apropiada de suelo y solución se requiere un poco de práctica. Se puede contar el número de gotas necesarias para llenar la depresión de la placa especial; una vez hecho esto se llena la depresión con el suelo y se divide en un número de porciones igual al número de gotas. Agregando cinco gotas de la solución indicadora a una porción de suelo se tendrá entonces una dilución cercana a 1 a 5.

Las lecturas cercanas a los límites inferior o superior del indicador son menos confiables que las que se hacen cerca de los valores medios en la carta de colores. Los que se encuentren cerca de los valores límites pueden revisarse por medio de otros indicadores. La solución indicadora debe tener un pH correcto y su color debe coincidir con el color de la carta en su valor medio. Si el color del indicador no coincide con el color que debe coincidir puede ajustarse usando para ello soluciones diluídas de ácido o base. Se ha encontrado que es satisfactorio el uso de soluciones indicadoras con concentraciones de 0,01 por ciento; esta dilución elimina el exceso de color del indicador, el cual podría dar un valor errado.

El electrodo de vidrio se considera generalmente como el medio más confiable para medir el pH de los suelos. En aquellas zonas en donde la alcalinidad constituye un problema de índole mayor, es útil tener un aparato de este tipo para uso de campo.

Aunque los valores de pH por sí solos no constituyen un diagnóstico positivo para todos los suelos alcalinos, la mayoría de los que tienen valores sobre 8.5 tienen cantidades significativas de sodio cambiable.. Unos muy pocos pueden también tener abundancia de potasio cambiable. En general se puede decir que cuando en las pastas se encuentran valores de pH que oscilan de 8,5 a 9, los suelos tienen problemas de alcalinidad; valores sobre 9 indican problemas serios de alcalinidad. Algunos suelos con cantidades de sodio significativamente perjudiciales tienen valores de pH inferiores a 8,5. Un suelo alcalino puede tener pequeñas cantidades de sales solubles en suficiente cantidad para bajar la hidrólisis, lo cual produce valores en la pasta de suelo inferiores a 8,5. En vista de que los valores pH y los de sodio cambiable no siempre son correlativos, un suelo fuertemente alcalino, definido en términos de sodio cambiable, puede no tener un pH sobre 8,5. Sin embargo, una pasta de suelo que tenga un valor de pH 8,5 puede tener un valor superior, aún hasta 10,5 cuando se diluye el suelo en proporción de 1 a 5, 1 a 10 ó más.

Al pronosticar sobre la posibilidad de riego de un suelo salino, es importante conocer el pH que se desarrollará después de que se haya lavado el exceso de sales. Una idea de esto se obtiene determinando el pH en diluciones de 1 a 5 o mayores y comparando estos resultados con el pH de la pasta de suelo (12). La mayor parte de los suelos que tienen un pH sobre 9,0 en diluciones de 1:5 tienen un alto contenido de sodio cambiable y cuando se les lava el exceso de sales se hinchan y se vuelven lodosos fácilmente. Algunos de los suelos con pH entre 8,5 y 9,0 contienen suficiente yeso para reducir el pH después de la dilución, por debajo de los valores que se obtendrían de no haber yeso. Estos suelos pueden o no tener cristales de yeso visibles con claridad.

Para la definición de suelos alcalinos que no tienen valores altos de pH, se requiere el porcentaje de sodio cambiable. El punto divisorio entre suelos alcalinos y no alcalinos, tomando como base el sodio cambiable, ha sido establecido tentativamente en cerca de 15 por ciento de sodio cambiable en el complejo de cambio. Las determinaciones de sodio cambiable se hacen en el laboratorio. Para la determinación del total de sodio soluble se ha descrito un método rápido. Teniendo un conocimiento de la concentración de sales y del porcentaje de sodio soluble, puede hacerse una estimación del sodio cambiable por medio de la ecuación de Gapon (13). Lo adecuado del método debe ser determinado por medio de correlación con la experiencia de campo.

Como sucede con la salinidad, el pH también varía dentro del perfil y aún en distancias horizontales muy pequeñas. Algunas zonas tienen muchas manchas de suelos alcalinos en donde el pH oscila entre 8,5 hasta cerca de 8,8. En otros el pH de las manchas afectadas por álcali va desde 9,0 hasta 10,0. Si las manchas en dos de estas áreas están distribuídas en forma similar y la mayor parte de los cultivos no se desarrollan en tales manchas, ambas áreas deben clasificarse similarmente, en cuanto concierne a alcalinidad. (Desde luego que estos suelos pueden tener otras diferencias cartografiables). En una discusión acerca de estos suelos debe hacerse resaltar el hecho de que las manchas con los valores de pH menores probablemente pueden mejorarse con mayor facilidad a menores gastos que aquellas con valores pH más altos.

---

(12) Los métodos para determinar el pH, incluyendo los indicadores y las diluciones que se utilizan deben registrarse en las notas de campo. La determinación de pH por medio de soluciones indicadoras ordinarias sobre pastas de suelo colocadas en las placas especiales no es satisfactoria. Las soluciones indicadoras generalmente se usan en una dilución suelo-agua de 1:5 pero aún pueden usarse con diluciones mayores. El indicador Hellige Triplex así como el polvo para la reacción del suelo de Truog pueden usarse para determinaciones de campo en pastas de suelo, hasta un límite superior de pH 8,5.

(13) Véase nota al pie de la página 449. Véase también: RICHARDS, L. A., CHEMICAL AND PHYSICAL CHARACTERISTICS OF SALINE AND ALKALI SOILS OF WESTERN UNITED STATES. 40th Internatl. Cong. Soil Sci. Trans. 1:378-383. 1950.

Cuando se encuentran manchas de suelos alcalinos con valores de pH de 8,5 o más mezcladas con suelos no alcalinos, las unidades cartográficas para áreas 1) ligeramente afectadas, 2) moderamente afectadas y 3) fuertemente afectadas, se definen por el porcentaje del área ocupada por los suelos alcalinos. Si las manchas son relativamente pocas, pueden mostrarse por medio de símbolos.

A continuación se dan algunos valores que pueden servir como guías para las unidades cartográficas:

(0) **Libres de álcali:** Las manchas de álcali son demasiado pocas para tener significación y las que hay pueden mostrarse convenientemente por medio de símbolos definidos.

(1) **Ligeramente afectados:** El área tiene suelos alcalinos en cantidad desde muy poca hasta 5 por ciento, no apropiada para la mayoría de los cultivos.

(2) **Moderamente afectados:** De 5 a 35 por ciento del área tiene suelos alcalinos no apropiados para la mayoría de los cultivos.

(3) **Fuertemente afectados:** Más del 35 por ciento del área tiene suelos no aptos para la mayoría de los cultivos. Tales áreas son improductivas.

Para algunas áreas bajo levantamiento de suelos se pueden necesitar unidades cartográficas definidas en términos de combinaciones de salinidad y alcalinidad. Estas clases pueden llegar a ser unidades cartográficas dentro de uno o más tipos de suelos, o partes definidas de complejos que incluyen otras unidades taxonómicas.

Tal y como sucede con las clases de pendiente, pedregosidad y otras características similares, las de salinidad y alcalinidad deben valorarse en relación con las otras características del suelo al definir las unidades cartográficas. Si por alguna otra razón un suelo no es apropiado para cultivos o pastos, las distinciones muy detalladas de salinidad no llevan ningún propósito útil.

Tal vez sea necesario hacer una advertencia final. Los edafólogos deben cuidarse de no prestar una atención exclusiva a la concentración de sales y álcali y olvidar sus otras numerosas e importantes características. Nadie puede clasificar o cartografiar estos suelos apropiadamente sobre la única base de los valores en el contenido de sales, el pH y el sodio cambiable. Estos datos acerca de las muestras de suelo son de un enorme valor, pero únicamente cuando se les sintetiza en forma apropiada junto con las otras características que se combinan para que una área de suelo sea de una clase determinada.

PRONOSTICOS DE PRODUCCION Y PRACTICAS DE MANEJO DE SUELOS.

La mayoría de los levantamientos de suelos se hacen con fines prácticos, varios de los cuales ya han sido esbozados en la sección Propósito de los Mapas e Informes de Suelos. Para muchos el más importante de estos propósitos es la capacidad agrícola de cada unidad cartográfica, necesaria para pronosticar en términos de posibles rendimientos promedio de cultivos adaptables, bajo usos y conjuntos de prácticas de manejo alternados.

La clave para la interpretación y uso de los mapas de suelos está constituída por una tabla en donde se dan los pronósticos de rendimientos de los suelos cartografiados cuando se les somete a conjuntos definidos de prácticas de manejo. El propósito básico de una tabla de esta naturaleza puede resumirse como sigue:

(1) Es el resumen más simple y conciso de la información disponible acerca del manejo de los suelos que se muestran en el mapa.

(2) Provee el eslabón de conección entre la investigación agrícola y lotes específicos de tierra.

(3) Los pronósticos de producción, bajo conjuntos definidos de prácticas de manejo proveen la base para usar el Mapa y el Informe de suelos en la planificación de fincas, incluyendo presupuestos de producción.

(4) Provee una base para una amplia variedad de agrupaciones importantes de suelos.

(5) Con una tabla de esta índole se puede usar el mapa de suelos en la valoración de tierras, relacionando los precios de la tierra con la productividad.

Estos pronósticos no son, desde luego, recomendaciones hechas a la ligera. Aún para áreas diferentes de la misma clase de suelo,

los agricultores pueden seleccionar diferentes usos entre diversas alternativas, de acuerdo con el tamaño de la finca, su localización en relación con los mercados y sus demás características económicas, así como de acuerdo con la capacidad de los demás suelos de la unidad agrícola y con los deseos, vocación y recursos del agricultor y su familia. En el informe del levantamiento de suelos no se le dice al agricultor lo que debe hacer, pero sí se le dice qué esperar del uso de ciertas prácticas y combinanciones de prácticas, tanto en el rendimiento de los cultivos adaptados como en los efectos que tengan a la larga sobre la productividad del suelo.

Por medio del pronóstico de rendimientos medios y de los efectos de las prácticas de manejo sobre el suelo en sí, los resultados de la investigación se pueden sintetizar en términos específicos, en beneficio de aquellos que utilizan los levantamientos de suelos. En el pasado los edafólogos han dejado a los demás la mayor parte del trabajo interpretativo, esto desde luego no ha funcionado bien. Son muy pocas las personas que pueden estudiar el suelo con suficiente detalle para considerar todas las características en forma colectiva y hacer pronósticos precisos acerca de su comportamiento. En los viejos levantamientos de suelos las interpretaciones se daban principalmente en forma de discusiones generales acerca del uso y manejo del suelo. Aunque estas discusiones eran útiles, no eran suficientemente específicas. Esto se debía parcialmente a que las definiciones de las unidades cartográficas se daban en forma muy amplia y también a la inclusión significativa de suelos contrastantes dentro de las unidades cartográficas. Con lo anterior también se quiere decir que entre mas homogeneas sean las unidades cartográficas se las puede definir e interpretar mejor en términos específicos.

Dos desarrollos técnicos en el levantamiento de suelos han hecho posible el poder hacer pronósticos de rendimiento más satisfactorios: 1) El uso de aerofotografías como base cartográfica, lo cual ha conducido a la determinación más exacta de las líneas entre suelos y 2) Una definición más concisa de series, tipos, fases y complejos. Igualmente importante ha sido el progreso reciente en la integración de la clasificación de los suelos con la investigación en el manejo de suelos, el rendimiento de cultivos y el manejo económico de las fincas. Va en aumento la tendencia a arreglar los resultados experimentales y los registros de la experiencia agrícola en relación con las clases de suelos tal y como se les define y denomina en el sistema estándar de clasificación edáfica.

A los pronósticos de rendimiento y la valoración de la productividad de los suelos se llega por medio de dos caminos principales: (1) por medio de apreciaciones basadas en la evidencia suministrada por los datos actuales de producción de áreas muestra de suelo de las unidades cartográficas y (2) por medio de apreciaciones basadas en la comparación de las características edáficas y los conocimientos básicos de los requerimientos de las plantas. En algunas áreas de estudio

son muy pocos los datos, si es que se puede conseguir alguno, que se pueden obtener acerca del rendimiento preciso de las unidades edáficas. Sin embargo, las unidades cartográficas se pueden disponer ordenadamente desde la potencialidad de producción mayor hasta la menor, bajo cada una de las clases de manejo asumidas en base a las observaciones de campo durante el levantamiento, a las entrevistas con agricultores y al conocimiento de las relaciones fundamentales entre el suelo y las plantas. Para convertir lo anterior en pronósticos de rendimiento se necesitan unos pocos "puntos de referencia" o valores absolutos de producción, para algunos de los suelos, en toneladas, hectolitros o kilos, los cuales se pueden obtener de los registros de las fincas, de datos experimentales, cosecha de lotes muestra o de informes orales de la experiencia en rendimiento, cuidadosamente analizados. Algunas veces es posible conseguir información valiosa fuera del área bajo estudio.

En la práctica, el científico "nunca llega a tener suficientes datos". Siempre será básico usar el criterio más sano para el pronóstico de rendimiento de los suelos o para clasificarlos de acuerdo con su productividad. En la mayoría de las zonas bajo estudio, el edafólogo tendrá que pronosticar el rendimiento de muchos tipos de suelos acerca de los cuales no tiene "datos básicos", aunque mucho los desee. Sin embargo, nadie estará en tan buena posición como él para interpretar los datos del estudio, y por lo tanto debe hacer el mejor uso de la evidencia que pueda encontrar. El resultado final, los pronósticos de rendimiento y los resultados de las prácticas de manejo, deben ser razonables cuando se les someta a comparación con datos fidedignos disponibles, así como con los principios conocidos de las relaciones suelo-cultivo.

En resumen, las características principales de un buen cuadro de pronósticos de rendimientos promedios de los cultivos, por clases de suelos, son:

(1) Los pronósticos son tan fidedignos como lo permiten los datos disponibles y la comparación con el criterio de agrónomos competentes, ya familiarizados con los suelos y agricultura de la zona.

(2) El conjunto de prácticas de manejo asociadas con cada pronóstico de rendimiento debe describirse con todo el detalle (pero no más) que sea consistente con la exactitud del pronóstico. Las cantidades y clases de fertilizantes, por ejemplo, deben definirse como partes del conjunto de prácticas de manejo cuando los pronósticos de rendimiento con y sin fertilizantes son significativos.

(3) Los pronósticos de rendimiento no deben simplemente reflejar la historia sino también las potencialidades de las nuevas

combinaciones de prácticas probadas, producto de la ciencia agronómica del día.

El concepto de la productividad del suelo

Además de la utilidad directa que tienen para agricultores y otras personas los pronósticos de rendimiento, éstos ofrecen una medida de la productividad del suelo. El efecto combinado de todos los factores de crecimiento se refleja en el rendimiento de la cosecha, aún cuando el edafólogo no pueda explicar todas sus interrelaciones. Cualquier juicio preciso acerca de la productividad del suelo debe hacerse claramente, en términos de clases específicas de suelo, de cultivo o combinación de cultivos y de conjunto específico de prácticas de manejo.

La productividad del suelo es, tal vez, más un concepto económico que un concepto agronómico. Es la capacidad de un suelo para producir plantas específicas, o secuencias de ellas, bajo conjuntos de prácticas de manejo físicamente definidas. Se mide en términos de los factores de producción gastados en relación con los rendimentos o la cosecha. De esta manera la productividad del suelo no es en sí una cualidad inherente del suelo. Todas las propiedades químicas, físicas y biológicas de un suelo junto con el clima asociado determinan su respuesta al manejo —respuesta a gastos en labor y materiales. Dos suelos pueden dar bajas producciones cuando en ellos se utiliza un conjunto determinado de prácticas simples de manejo: azada, siembra y cosecha. La productividad de ambos es baja y sin embargo uno de ellos puede responder mucho mejor que el otro a gastos en fertilizantes y cal y al uso de rotaciones con leguminosas de sistema radicular profundo. Este suelo, tiene, con esta clase de manejo, una productividad alta, mientras que la productividad del otro se mantiene baja. Por esto no se puede definir la "productividad natural de los suelos", expresión que en realidad no tiene sentido. La productividad del suelo únicamente existe o puede ser medida cuando se la encuadra dentro de las condiciones de cultivo. Cuando la gente corrientemente habla de "productividad natural" de un suelo asume, aunque en forma inconsciente, un manejo —generalmente el más corriente del área. Ciertos suelos tropicales por ejemplo, bajo determinado marco cultural, son improductivos, mientras que bajo otro pueden ser altamente productivos. No se puede decir de ninguno, con propiedad, que es "más natural" que el otro.

En los Estados Unidos se tiene generalmente como un "suelo productivo" aquél que pueda dar buenas producciones en relación con los gastos materiales y labor por hectárea, cuando se le usa en una combinación de granos y forrajeras —maíz, avena, trigo, trébol y otros cultivos comunes. En algunas partes se aceptan las remolachas azucareras, frijol de soya y algodón como partes de la combinación general. Sin embargo, algunos cultivos tienen requerimientos

tan especiales que sus rendimiento relativos varían de acuerdo a prácticas diferentes a las de los "cultivos agrícolas generales". Un ejemplo de esto es el tabaco rubio. Otro cultivo aún más especial de lo corriente es el arándano. Conforme se avanza con el trabajo de los pronósticos de rendimiento se encontrará que es cada vez más necesario tratar separadamente a cada cultivo y aún variedades diferentes del mismo cultivo, aunque la valoración de la productividad seguirá siendo útil también, cuando se la califica apropiadamente.

Pronósticos de rendimiento

Parte esencial del levantamiento de suelos está constituída por las estimaciones de los promedios de producción o rendimiento que pueden esperarse de los tipos y fases de suelos mostrados en el mapa. Estos pronósticos así como los conjuntos de manejo indispensables para hacerlos realidad, son esenciales para la agrupación interpretativa de los suelos de acuerdo con la capacidad de uso, la adaptabilidad de cultivos, requerimientos de manejo, etc. Estas estimaciones constituyen el material básico para las interpretaciones económicas y agrícolas. Conforme se desarrolla cada levantamiento de suelo es necesario desarrollar algún tipo de procedimiento sistemático el cual debe seguirse, conforme se continúa el trabajo, en una forma que asegure la obtención de los datos de producción bajo clases de manejo definidas.

El jefe del levantamiento es el responsable del acopio de los datos sobre producción y prácticas de manejo para cada tipo y fase de suelo. Esta tarea puede ser delegada, por medio de convenio, a un representante de una Estación Experimental agrícola que esté cooperando en el estudio. A otros miembros del equipo de levantamiento puede así ponérseles, tareas específicas, especialmente a los entrenados en principios de estadística y aquellos que muestren habilidad para entrevistar a los agricultores. Este trabajo no debe menospreciarse ni dejarse de lado confiando en entrevistas casuales con los agricutores u otros personas. Debe dedicarse el tiempo suficiente para realizar un trabajo completo de exploración, recolección y análisis de datos importantes de rendimiento y estimaciones por unidades cartográficas.

Cuando sea posible, el plan del levantamiento de suelos debe destinar un miembro calificado del personal de la estación experimental agrícola que coopera, para que se encargue de reunir todos los datos importantes acerca del manejo de suelos y cultivos y de colaborar con el equipo de levantamiento en el desarrollo de la tabla de pronóstico de rendimientos. Durante el curso del estudio debe buscarse la ayuda de los especialistas de las estaciones y subestaciones experimentales Estadales y Federales para la revisión de los re-

sultados. La revisión final de la tabla completa debe ser hecha, en conjunto, por el jefe del levantamiento, el correlator de suelos, representantes en investigación de manejo de suelo y en levantamientos de la estación experimental que coopere y del edafólogo supervisor. En el Soil Survey del Departamento de Suelos de los Estados Unidos, se realiza una revisión final de este trabajo siguiendo el procedimiento que se sigue para correlación de suelos y nomenclatura.

El rendimiento y las prácticas de manejo

Los pronósticos de rendimiento para un tipo o fase de suelo dependen de las definiciones de manejo; y los requerimientos o sugerencias para las necesidades de manejo que deben establecerse en relación con los rendimientos resultantes. Por lo tanto están íntimamente relacionados. Lo ideal sería tener para cada clase de suelo, pronósticos de rendimiento bajo todos los conjuntos diferentes de prácticas de manejo significativas que puedan ser usados por los agricultores. Conforme progrese la investigación en clasificación de suelos y el comportamiento de los cultivos en diferentes clases de suelos, podremos ir mucho más lejos de lo que ahora podemos. Las tablas de pronósticos que se hacen hoy día, comparadas con las que se hacían al comienzo, hace unos 20 años, son mucho mejores. Sin embargo, los datos y técnicas para analizarlas no permiten distinguir diferencias de producción resultantes de diferencias muy pequeñas entre conjuntos de prácticas de manejo, aunque se puedan ver diferencias significativas en algunas fincas en donde se hayan mantenido registros. Es más, el manejo de una finca incluye un gran número de prácticas que influyen en la producción. Aún en los mejores libros de registro, solamente se anotan unas pocas de ellas. Estas prácticas están definidas, pero no podemos concluir que los rendimientos obtenidos resultaron solamente de estas prácticas. Un agricultor que sigue cierto número de buenas prácticas es muy seguro que hace todo lo demás necesario para obtener buenos resultados, y lo hace a su debido tiempo. El rendimiento final es la resultante del total de prácticas.

Al menos por el momento, en la interpretación de los levantamientos de suelos únicamente se puede tratar con definiciones de manejo muy amplias, más en algunas áreas de estudio que en otras. Deben hacerse tantas subdivisiones de manejo como permitan los datos a mano y ello sea de utilidad, pero nunca más.

Las clases de manejo se definen comúnmente en términos de niveles y conjuntos de prácticas de manejo.

Niveles de manejo.—Bajo condiciones similares es corriente que los agricultores de una zona se agrupen a sí mismos en: una clase "pobre" pequeña, una clase "promedio" o modal grande y una clase "superior" pequeña, de acuerdo con la eficiencia de su producción o

del rendimiento en relación a los gastos de materiales y labor. Las prácticas de manejo seguidas por cada uno de estos grupos a menudo son llamadas "niveles" de manejo (1).

Cuando se inició el trabajo con estimaciones de producción y clasificación de la productividad del suelo, para las definiciones, en términos físicos, se escogió el nivel "promedio" o modal. Tal vez una mejor expresión es "la práctica más común" ya que los rendimientos usualmente están por encima del promedio. También se han hecho unas pocas estimaciones para el nivel "pobre", aunque se reconoce que ellas corrientemente tienen menor utilidad. Son muy pocas las personas que tomándose la molestia de leer y usar un levantamiento de suelos, o de buscar asesoramiento basado en él, podrían estar interesados en los estimados a "bajo nivel".

De mucha mayor importancia son los rendimientos y prácticas de manejo al nivel superior (sin contar las fincas que tienen algunas personas como "hobby" y otras unidades no económicas). Generalmente estas son prácticas que otros agricultores pueden seguir cuando se encuentran bajo condiciones similares.

Los rendimientos y las prácticas ocasionalmente pueden estimarse a un nivel "tope", o más alto que el superior, utilizando para tal estimación la mejor combinación de todas las prácticas conocidas. Cuando una finca piloto de investigación existe y funciona, estos son los conjuntos de prácticas que finalmente se llegan a desarrollar.

Resumiendo, puede aspirarse a tener definiciones de prácticas de manejo a tres niveles primarios— siempre a uno, usualmente a uno y dos ocasionalmente a tres —tal como se enumeran a continuación. Como los conjuntos de prácticas actuales pueden variar

---

(1) Las fincas también pueden estratificarse de acuerdo con los tipos o sistemas agrícolas. Esta estratificación no es esencial al desarrollo de las clases de manejo en los pronósticos de rendimiento. Sin embargo, en áreas con tipos de agricultura fuertemente contrastantes, puede ser útil delinear las áreas de acuerdo con los sistemas agrícolas generales dentro de los cuales se escogen las clases de manejo.
Estas diferencias entre los sistemas agrícolas surgen parcialmente de las decisiones de manejo, en parte de la distribución de los suelos en la finca, y en parte del tamaño y localización. Las potencialidades de varios sistemas agrícolas se relacionan más apropiadamente con las asociaciones de suelo que con las unidades cartográficas individuales de un mapa detallado de suelos. Sin embargo, se pueden encontrar áreas de la misma clase de suelo como partes importantes de una finca en donde se producen granos, de una finca lechera, de una finca de engorde de ganado, de una finca con explotaciones diversas o generales y de una finca dedicada a la producción de frutas. Aunque cualquiera de ellas puede tener mayores ingresos que la otra, ninguno de los sistemas puede juzgarse como el mejor si no se consideran las variaciones en habilidad, mano de obra y anhelos del agricultor y su familia. Los cultivos que se dan en un suelo y las prácticas para producirlos pueden ser diversos en los diferentes sistemas. En una finca, por ejemplo, puede usarse un suelo de pendiente para pasto permanente mientras que en otro este mismo suelo puede ser terraceado para uso en una rotación de maíz con granos pequeños.

dentro de cualquier nivel, debe darse la mayor importancia a su definición.

Nivel 1.—Son las combinaciones de prácticas de manejo más comúnmente usadas por la mayoría de los finqueros que usan, con éxito, el suelo en cuestión.

Nivel 2.—Son las combinaciones de prácticas de manejo usadas en el suelo en cuestión por los agricultores líderes; tal vez el 1 por ciento o tal vez más del 10 por ciento.

Nivel 3.—Se incluyen en este nivel las combinaciones óptimas de las prácticas de manejo desarrolladas en fincas piloto de investigación, si es que hay alguna, o en otras que representen lo mejor (el "tope") que pueda ser hecho bajo el actual desarrollo de las artes agrícolas.

Conforme se progresa en el desarrollo de métodos para el pronóstico de rendimientos, el concepto anterior, de niveles de manejo pobre, promedio y superior se va reemplazando por conjuntos definidos de prácticas de manejo a diferentes niveles de intensidad (inversión).

Conjuntos de prácticas de manejo.— Los conjuntos de prácticas de manejo son las combinaciones de prácticas de cultivo, rotaciones, prácticas de fertilización, etc., que se combinan para producir la cosecha de un cultivo o conjunto de cultivos. La tabla de pronósticos de rendimiento debe incluir uno o más conjuntos cercanos a la intensidad mínima, así como otras intensidades intermedias posibles. Los conjuntos de prácticas de manejo que debieran tener pronósticos separados pueden variar por un solo factor, tal como trigo contínuo y trigo y barbecho alternados en un suelo castaño por ejemplo. Otros conjuntos de prácticas de manejo que se seleccionen para la tabla, pueden variar en varios factores tales como rotación, prácticas de cultivo y fertilizante usado. Ya que los agricultores usan conjuntos de prácticas, los pronósticos son válidos aún cuando no sea posible aislar el efecto individual en la producción de una práctica sola.

Lo ideal sería tener pronósticos de rendimiento para cada conjunto significativo de prácticas de manejo, físicamente definidas, y bajo tres niveles de intensidad. Estos niveles pueden más tarde ser estratificados de acuerdo con los sistemas agrícolas importantes. En general, estos refinamientos de distinción están fuera del alcance de los datos y recursos disponibles para el proyecto de levantamiento de suelos. El límite en cuanto a distinciones entre conjuntos de prácticas de manejo depende mucho de la investigación y del interés que en ello tengan los otros investigadores agrícolas de las estaciones experimentales que cooperan.

Clases de manejo.—Clases de manejo es la denominación que a menudo reciben los conjuntos importantes de prácticas de manejo seleccionados entre aquellos que representan cada nivel importante de manejo y usados en la tabla de pronósticos de rendimiento. Estas clases de manejo deben describirse con considerable detalle y tan definidamente como sea posible. No es suficiente indicar solamente el nivel. Unicamente cuando los conjuntos de prácticas de manejo han sido definidos físicamente en términos de rotaciones, clases y cantidades de fertilizantes y cal, drenaje, riego, cultivo al contorno, etc., es cuando los estimados pueden usarse para pronosticar en el proceso ordinario de presupuesto, los ingresos de una finca, existente o en formación.

Para muchas áreas de estudio, las mismas clases de manejo a cada nivel no son apropiadas para todos los suelos, especialmente en donde estos varían mucho en capacidades mayores de uso: cultivo, pastoreo y silvicultura, en cultivos adaptados o en respuesta al manejo. Por medio de llamadas al pié de las tablas, en la leyenda explicativa que la acompaña o en el texto, cada clase de manejo debe ser explicada y relacionada claramente con los suelos a los cuales se aplica.

Valores de referencia.—Si las cifras individuales de rendimiento obtenidas en una sola estación bajo cada clase de manejo, desarrollada no importa cómo, se representan gráficamente para cada suelo por medio de las curvas usuales de frecuencia de distribución, se verá que algunas curvas son menos pronunciadas que otras. Digamos, por ejemplo, que 40 bushels (1 bushel = 35.24 lts.) de maíz es la producción promedio. Esta cifra puede ser el promedio entre 35 y 45 para el 90 por ciento de los valores o para el 80 por ciento de ellos y aún hasta de sólo el 50 por ciento. Los rendimientos individuales de un suelo bajo determinada clase de manejo pueden por un período de años separarse mucho del promedio. Con la producción promedio de maíz en 40 bushels, la mitad de las cosechas de un suelo pueden caer entre 30 y 50 bushels mientras que para otro suelo tal vez sólo una tercera parte caerá dentro de esos límites.

Son varios los factores que influyen para que los rendimientos se aparten de la cifra promedio: 1) Ciertos factores ocultos de manejo no se incluyen ni aún en las descripciones detalladas de los puntos principales que definen la clase de manejo, 2) Los cultivos están sujetos a muchas variaciones del tiempo y a la destrucción por animales, insectos y enfermedades, 3) Aún cuando se tenga un cuidado especial en la clasificación y cartografía de los suelos, ninguna unidad cartográfica de suelo es totalmente homogénea y algunas porciones están cerca de un extremo de la definición, mientras que otros se encuentran cerca del otro extremo. 4) El manejo en el pasado se refleja en la producción de los cultivos corrientes en formas que a menudo hacen difícil la exactitud. Esto depende

de la respuesta del suelo a los fertilizantes, cal y prácticas de manejo similares que cambian su fertilidad o características de labranza. 5) Los rendimientos tomados de campos de cultivo a menudo reflejan inclusiones de otros suelos mostrados en el mapa. 6) Ya que las variaciones del tiempo producen años buenos y años malos, puede ser que la consulta de registros de producción de un corto número de años no provea base para pronosticar, con alguna certeza, posibles promedios.

El número de años requerido para representar la variación climática normal no es el mismo para todas las regiones de suelos. En los suelos podzólicos, por ejemplo, se puede considerar en general que un período cercano a los 10 años constituye una buena muestra de las estaciones; en cambio para suelos Castaños tal período resultaría muy corto.

A los rendimientos promedio, en toneladas, "hectolitros" o kilogramos, pronosticados para los suelos principales, tomados como puntos de referencia y usados como base para dar valores de rendimientos posibles para todos los suelos, en un arreglo del mayor al menor, se les debe agregar cuando sea factible, una indicación de las variaciones que se esperen. Por ejemplo, tanto un suelo Podzólico Pardo-grisáceo de Maryland como un suelo Castaño del oeste de North Dakota puede tener un rendimiento esperado de 1704 lt. por hectárea (20 bushels por acre). Las variedades y clases de manejo son, desde luego, diferentes. La producción que se espera año en año es también diferente. En un período de 20 años puede ser 1.704 $\pm$ 1704 en Dakota del Norte y 1704 $\pm$ 610 en Maryland, es decir, un 90 por ciento de los valores.

No se les pide a los jefes de levantamientos de suelos dar en todos los casos tales límites de variabilidad, sino únicamente en donde se tengan datos confiables. La finalidad debe ser dar las mejores estimaciones de rendimientos posibles, con los datos disponibles, usando los análisis estadísticos que puedan ser útiles. Deben evitarse tanto el establecimiento de estandars imposiblemente altos para estimaciones de rendimiento de áreas con pocos datos como la falla en hacer uso total de los datos disponibles de áreas en donde hayan muchos.

Confiabilidad de los pronósticos de rendimiento.—Una vez que ha sido completada la tarea, el jefe del levantamiento y los técnicos supervisores deben indicar las fuentes de donde tomaron los datos y deben sugerir, por medio de las siguientes anotaciones, la confiabilidad general de la tabla de rendimientos posibles y clases de manejo.

1. **Regular:** Desarrollada principalmente a partir de estimaciones basadas en observaciones y entrevistas suplementadas por unos cuantos registros y datos experimentales.

2. **Regularmente buena:** Desarrollada a partir de estimaciones basadas sobre observaciones, entrevistas, registros de fincas, y datos experimentales.

3. **Buena:** Desarrollada a partir de registros de fincas y datos experimentales, suplementados por observaciones y entrevistas.

Es además útil subrayar los "valores de referencia" incluídos en la tabla.

Fuentes de los datos para las estimaciones (2)

La información sobre la productividad de los suelos y sus respuestas al manejo tiene su origen en medidas o en estimaciones de los rendimientos de los cultivos. Algunas estimaciones se pueden hacer en términos de toneladas, bushels y kilogramos mientras que otros sólo se pueden hacer en términos relativos— un suelo da más que otro y un tercero es aún inferior. Estos valores se relacionan con las combinaciones de características edáficas que definen los suelos como unidades cartográficas y con las prácticas de manejo que a ellos se aplican.

Observaciones de campo.—Una importante fuente de información la constituyen las observaciones hechas durante el curso del levantamiento de suelos acerca del crecimiento de los cultivos en suelos diferentes y bajo diferentes conjuntos de prácticas de manejo. Aunque estas observaciones no son, desde luego, estimaciones precisas de rendimiento sí pueden contribuir a disponer los suelos para un cultivo, en una escala de productividad de la más alta a la más baja.

Son muy valiosas las observaciones que se pueden hacer acerca del crecimiento relativo de un cultivo en dos o más suelos dentro

---

(2) Sobre este tema tanto como sobre otras fases del problema de desarrollar pronósticos de rendimiento, véanse las siguientes publicaciones:
ABLEITER, J. K., PRODUCTIVITY RATINGS OF SOIL TYPES. En: The Classification of Land. Mo. Agr. Expt. Sta. Bul. 421, pp. 13-24. 1940.
ODELL, R. T., MEASUREMENT OF THE PRODUCTIVITY OF SOILS UNDER VARIOUS ENVIRONMENTAL CONDITIONS. Jour. Amer. Soc. Agron. 42 (6) : 282-292, allus. 1950.
— y SMITH, GUY D., A STUDY OF CROP YIELD RECORDS BY SOIL TYPES. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 5:316-321, illus. 1940.
— A STUDY OF SAMPLING METHODS USED IN DETERMINING THE PRODUCTIVITY OF ILLINOIS SOILS. Jour. Amer. Soc. Agron-42 (7) : 328-335. 1950.
SIMONSON, R. W., y ENGLEHORN, A. J., METHODS OF ESTIMATING THE PRODUCTIVE CAPACITIES OF SOILS. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 3:247-252. 1938.
SMITH, GUY D., y SMITH, R. S. A STUDY OF CROP-YIELD RECORDS BY SOIL TYPES AND SOIL RATINGS. Soil Sci. SOC. AMER. Proc. 4: 375-377. 1939.

del mismo campo; tal clase de información es de mucha utilidad cuando se hace un ordenamiento de los suelos. Son muchos los edafólogos que diariamente hacen este tipo de observaciones. Su utilidad aumenta con el número así como con el orden y comparación entre las anotaciones.

Es claro que si dos o más suelos que normalmente responden a prácticas de manejo muy diferentes se encuentran en un mismo campo, manejado en la misma forma, una valoración de los rendimientos bajo tales circunstancias no puede conducir a comparaciones válidas de su productividad. Los bajos rendimientos de un suelo pueden simplemente ser debidos al uso de prácticas de manejo inadecuadas; por el contrario estas mismas prácticas pueden ser las más cercanas al óptimo para un suelo que se encuentre en el mismo campo.

Resultados experimentales.—Los datos de producción de lotes experimentales tienen un valor adicional para pronósticos de rendimiento, además de los objetivos fundamentales de los experimentos, siempre y cuando estén situados en lugares medianamente representativos de las unidades cartográficas. Cuando hayan estaciones, subestaciones, fincas o campos experimentales en cualquiera de los suelos cartografiados en la zona, deben estudiarse los datos de rendimiento de los cultivos. Si a tales lotes, fincas o estaciones no se les ha hecho aún un mapa de suelo adecuado, puede que sea necesario hacerlo. No es necesario que los sitios experimentales estén dentro del área misma del estudio siempre que los suelos y las demás condiciones de crecimiento sean similares.

Muchas estaciones experimentales hacen arreglos con agricultores para que realicen pruebas con nuevas variedades de cultivos o con nuevas prácticas. Algunas veces se obtienen informes precisos sobre los rendimientos de tales ensayos. Es posible que el agente agrícola o los trabajadores de la estación experimental del Estado tengan los registros de estos resultados.

Los rendimientos obtenidos en experimentos o ensayos de campo pueden incluirse en la Fórmula Nº 1 (páginas 493 y 494). Ya que las prácticas de producción usadas en el trabajo experimental generalmente se anotan en la fórmula Nº 1 debe registrarse tambien el conjunto de prácticas correspondientes a cada rendimiento.

Las determinaciones de rendimiento en lotes experimentales por lo general son más precisas que las obtenidas de cualquier otra fuente. A pesar de esto hay que tener en cuenta que las condiciones de manejo generalmente no son similares a las utilizadas en la mayor parte de las fincas. Los experimentos usualmente incluyen una variación considerable de prácticas de manejo. Los datos de los lotes experimentales pueden ser muy útiles, a pesar de eso, especialmente para la estimación de los efectos de las prácticas de manejo de los suelos sobre la producción y sobre la productividad a largo

plazo, aún cuando es posible que los rendimientos sean mayores que los que se obtienen en las fincas.

Al mismo tiempo que se analizan los datos experimentales para estimaciones de rendimiento, deben también analizarse para uso en la confección de los pronósticos del informe, tales prácticas de manejo como encalado, uso de fertilizantes, terraceo, rotación de cultivos, prácticas de preparación del suelo, variedades de cultivos adaptados, control de malezas, prácticas de riego, manejo de forrajes, época de siembra, cantidad de semilla a sembrar y toda otra información similar.

Los datos procedentes de lotes experimentales deben usarse con cuidado en el establecimiento de puntos de referencia con el fin de asegurarse que las prácticas de manejo usadas representan las clases de manejo para las cuales se están haciendo los pronósticos. El jefe del levantamiento puede generalmente usar los análisis y resúmenes de los experimentos hechos por la estación experimental; sin embargo, es su responsabilidad el verificar que los suelos son comparables.

Los datos provenientes de las fincas piloto de investigación son también útiles pero todavía no hay muchas de ellas. En las fincas unitarias de demostración, cuyo número es grande y creciente, se hallan datos de muchísima utilidad. Los datos en estas fincas se obtienen principalmente de los libros de registro.

Campos muestra.—Datos muy útiles se pueden obtener en donde se han cosechado áreas muestra de cultivos en diferentes suelos dentro del mismo campo. Estos datos son especialmente de utilidad cuando se disponen los suelos en forma relativa y además pueden usarse para establecer puntos de referencia de rendimientos. El método también hace posible un uso más eficiente de los registros de las fincas en donde los campos no son homogéneos en cuanto a tipo y fase de suelo. Desafortunadamente no se dispone de muchos datos obtenidos por medio del uso de este método.

Experiencia de las fincas.—Hasta ahora la fuente potencial más importante de datos sobre la productividad de los suelos es la experiencia de los agricultores en el manejo de diversos suelos bajo prácticas de manejo diferentes. Desafortunadamente sin embargo, solo unos cuantos agricultores mantienen registros precisos de su producción y de las prácticas usadas en campos individuales que se puedan relacionar con tipos o con asociaciones de suelos.

Aún los que anotan sus entradas y salidas a menudo no llevan registro de la producción de sus cultivos y de las prácticas de manejo empleadas. Estos agricultores sólo pueden suministrar la experiencia que recuerdan.

Fórmula Nº 1 - Hoja 1

HOJA DE REGISTRO DE PRODUCCION

Descripción legal de la firma .....

Distrito ..... Agricultor ..... Año .....

Campo Nº	*Cultivo*	*Has.*	*Producción*	*Nombre de la Variedad o (híbrido)*	*Unidades Cartográficas de Suelos*

Cuando se use este formulario para registrar datos obtenidos de los libros de registro de las fincas, deben incluirse dentro de círculos los números de los campos en los cuales la disposición de los suelos es tan compleja que no se puede usar para relacionar rendimiento y suelos. No es necesario estimar la proporción de los diversos suelos en estos campos.

Datos tomados de: Registros de finca .....

Experimentos .....

La memoria del agricultor .....

Otra fuente (1) .....

Otra fuente .....

(1) Indíquese la fuente.

Fórmula Nº 1 - Hoja 2

Campo Nº	*Cal*		*Fertilizante*		*Abono orgánico (Tons.)*	*Cosechas de cobertura enterradas (clase)*	*Otros tratamientos (especificar)*	*Este campo está:*			*Clase de manejo (2)*
	Clase	*Cantidad*	*Clase (fórmula)*	*Cantidad*				*Sembrado al contorno*	*Drenado*	*Terraceado*	

(2) La clase de manejo se registra después que la historia y tratamiento del campo, previos al año del registro, han sido estudiados y después que las clases de manejo para los suelos del distrito han sido determinados.

Libros de registro de las fincas.—Los libros de registro bien llevados, que incluyan un registro anual de las prácticas de manejo, por campos, constituyen tal vez, las mejores fuentes de datos. Aunque los registros de períodos cortos son valiosos y deben explorarse en todos los sentidos, los mejores son aquellos de períodos suficientemente largos, representativos de un ciclo normal de las condiciones climáticas. En la mayoría de las zonas húmedas un registro de 10 años es satisfactorio; en las zonas semiáridas, con fluctuaciones marcadas del tiempo, es preferible que sean de un período más largo.

El jefe del estudio debe explorar todas las posibilidades de utilizar los libros de registro. Aún cuando encuentren sólo dos o tres registros utilizables, los datos obtenidos de ellos son de mucha utilidad para establecer los puntos de referencia y para dar valores cuantitativos para el arreglo relativo de los suelos con base en otras observaciones y estimaciones. Aquellos agricultores que han mantenido algún registro, aunque no haya sido por campos, tienen mayor facilidad para recordar su experiencia que los que no han llevado registro. Por esto, al seleccionar los finqueros que se van a interrogar, debe darse prioridad a aquellos que tienen libros de registro, siempre que la localización de sus fincas y la distribución de los suelos prometan una uniformidad suficiente para garantizar los datos que de ellos se tomen. Con tales agricultores una sola visita puede ser suficiente para examinar sus libros de registro, estimar su utilidad y dejarle un cuestionario sobre producción y prácticas. Al seleccionar los agricultores se debe tener en cuenta que la escogencia de los que mantienen registros introduce una parcialidad que debe ser considerada. O sea que es posible que los finqueros que mantienen libros de registro tengan mayor aptitud para seguir un nivel de prácticas de manejo más alto que aquellos que no los tienen. Ellos pueden seguir prácticas que no están registradas en los libros o pueden usar mayor habilidad en la aplicación de las prácticas registradas, muy especialmente en relación con el momento apropiado de ejecutarlas.

La utilidad de los libros de registro, especialmente de aquellos en que no se registran los campos por separado, depende mucho de la distribución de los suelos. Cuando la finca completa está ubicada sobre una sola clase de suelo, las cifras de producción total y la información acerca de prácticas de manejo, son casi tan útiles como los datos de campo. Sin embargo, es muy raro hallar una condición tan simple. Cuando las estimaciones de rendimiento se hacen para suelos individuales, es deseable que el campo esté constituído por un solo suelo. Esta situación generalmente no existe, por lo que habrá que saber juzgar cuáles campos usar y cuáles descartar. Debe recordarse también que los rendimientos de un suelo en un campo pueden estar influenciados por la presencia de otros suelos en el mismo campo, lo cual puede conducir a atrasos en la oportunidad de las operaciones. En donde, por ejemplo, las operaciones dependen de

sembrar en el tiempo oportuno, la presencia de un suelo que se seque lentamente puede atrasar la época de siembra más allá del momento ideal para los demás suelos. Algunas veces los rendimientos deben medirse o estimarse por asociaciones de suelos.

Los libros de registro agrícola más apropiados, tienen un diagrama de la finca en el cual se muestran los campos individuales y en ellos la producción y prácticas de manejo anuales se registran por separado. En donde se encuentren prometedores registros de esta índole, aunque se encuentren fuera del área de estudio, puede procederse a hacer un mapa de suelos. Aún cuando uno solo de los campos sea el que tiene suelos uniformes, el registro de producción y tratamientos debe resumirse por campos para el total de la finca. Comparando el mapa de la finca con el mapa de suelos se puede llegar a una disposición utilizable de los campos. Una vez tomados los registros, este trabajo se puede hacer más convenientemente en la oficina que en la finca. Puede que sea necesario descartar campos cuando en ellos se encuentre un 10 por ciento o más de suelos marcadamente diferentes al predominante. Los rendimientos de asociaciones de dos suelos que se encuentren en el mismo campo pueden ser valiosos sin embargo, cuando tal asociación es común a muchos campos.

Para el registro de rendimientos y prácticas por campos tanto como para el registro de cifras de producción y estimaciones procedentes de otras fuentes, puede hacerse uso de una fórmula similar a la que se ilustra en la Fórmula Nº 1. En donde los datos se obtienen de un libro de registro agrícola, debe adjuntarse a la Fórmula 1 una copia del mapa de la finca. en donde se muestren los linderos y los números de identificación de los campos cuyas cosechas se han registrado en el formulario. Es necesario anotar la fecha en la copia del mapa de modo que pueda colocarse junto con la del año correspondiente. Si la distribución de los campos ha permanecido igual por dos o más años seguidos, ello debe también anotarse en el mapa.

Si la distribución de los campos cambia mucho. puede ser mejor hacer, como base para tabulaciones posteriores en la Fórmula 1, un esquema de la finca para cada año. mostrando directamente en estos esquemas los cultivos particulares de ese año, las prácticas de manejo y los rendimientos.

Algunos agricultores han mantenido registros como parte de un programa de investigación de productividad de la estación experimental que coopera. Estos registros deben tratarse en forma similar a los de los lotes experimentales. En estos casos el jefe del estudio puede, generalmente, trabajar directamente con los análisis y resúmenes ya hechos.

El primer paso en el análisis de los datos de los registros de fincas es estudiar los suelos de las fincas individuales, incluyendo la distribución o disposición de los suelos en relación con la distribución de los campos. Una vez que se han clasificado los campos por unidades cartográficas y una vez que se han escogido los campos

que se van a usar, el paso siguiente es definir las clases de manejo de suelo para las cuales se harán los pronósticos y clasificar los conjuntos de prácticas importantes permisibles en cada clase. Esta agrupación es tal vez la parte más difícil del procedimiento. El análisis debe decidirse sobre un número relativamente pequeño de clases de manejo que puedan usarse en forma práctica y que permitan que se hagan patentes las variaciones significativas. Puede que sea útil arreglar en forma tabular los rendimientos de cultivos clave, dando las producciones individuales junto con las descripciones de manejo. Del estudio de un resumen de todos los registros utilizables, ya sea de libros de registro o de cuestionarios, pueden establecerse y definirse clases apropiadas de prácticas de manejo de suelos.

Cuestionarios.—En vista de que los registros actuales relacionables con clases de suelo y clases de manejo son tan escasos en la mayoría de las áreas de estudio, usualmente será necesario utilizar los datos que sobre rendimiento han retenido en su memoria los agricultores. Al efecto pueden seleccionarse campos representativos de suelos importantes y luego se procede a pedirle al agricultor que coopere en el trabajo estimando la producción de uno o más campos para las variedades de cultivos y las prácticas usadas. De esta manera ordinariamente se puede obtener información relativa a los dos o tres últimos años, aunque algunos finqueros pueden tener notas que les ayude a recordar por un período más largo.

La información más confiable se obtiene a menudo visitando la finca y explicando al agricultor qué es lo que se desea y por qué, y pidiéndoles enviar sus estimaciones en un cuestionario que se le deja para llenar posteriormente y el cual puede remitir por correo. Si se le pide que recuerde en el mismo momento de la visita, rendimientos y prácticas, es posible que por el apuro no pueda dar cifras correctas, especialmente si está ocupado. Es ventajoso seleccionar por adelantado, campos que en el mapa de suelos aparezcan como los de mayor utilidad. Estos campos se les pueden mostrar al agricultor en el momento de la visita o se le pueden identificar en el cuestionario que se le deja. A continuación sigue un cuestionario muestra de los que han sido usados, junto con una carta en la que se explica al finquero su propósito.

Carta que se sugiere para los cuestionarios de campo

Oficina del Agente Agrícola

Sr. ... .
.....

Estimado señor:

En los meses recién pasados, la Estación Experimental Agrícola del Estado de ..... y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos han venido realizando un levantamien-

to detallado de los suelos del Distrito de ..... El propósito de esta investigación y levantamiento es hacer un mapa básico detallado de suelos y reunir tanta información como sea posible acerca de los suelos de su Distrito.

Ud. es uno de los diez agricultores de la localidad a quienes se les ha pedido cooperación en la obtención de esta información. Su ayuda será muy apreciada.

Estamos tratando de clasificar los suelos con base en sus propiedades químicas y físicas y cómo y de qué se han formado y desarrollado. Necesitamos información concerniente a las mejores rotaciones de cultivo adaptadas, métodos de manejo de los suelos para diferentes cultivos y la producción promedio de los cultivos bajo las diversas prácticas de manejo. Toda esta información la usaremos en la formulación de recomendaciones para los diferentes suelos, de rotaciones y prácticas de manejo de suelos y agrícolas, recomendaciones que incorporaremos en el Informe que acompañe el mapa de suelos. Comprendemos perfectamente que el agricultor, con base en su experiencia puede suministrar parte de esta información, por lo que hemos adoptado este sistema para obtenerla. Entre mayor sea la ayuda que Ud. nos dé en la determinación de estos puntos, mayor será la confianza que se pueda depositar en el informe.

Las preguntas que se hacen en el cuestionario se aplican a su finca. Hemos tratado de preparar las preguntas en tal forma que requieran muy poco tiempo para su contestación. La mayoría de las preguntas se pueden contestar con una sola palabra o con cifras; otras requieren declaraciones tan breves como sea posible. Comprendemos que no siempre es factible dar cifras exactas de producción y cuando ello suceda, para nosotros será suficientemente preciso el que nos dé su mejor estimación.

Las preguntas se refieren a un campo determinado de su finca, el cual se menciona e identifica en el primer párrafo del formulario y en el esquema adjunto de su finca. Se ha escogido este campo en particular porque se necesita información acerca de las cosechas y prácticas agrícolas usadas en el suelo de ese lote.

Sus contestaciones recibirán un tratamiento confidencial y no se mencionarán en forma individual sino que se usarán conjuntamente en el Informe del Levantamiento de Suelos del Distrito de .....

Su cooperación se desea muy sinceramente y será muy aprecida.

Sinceramente,

.....

Agente Agrícola

CUESTIONARIO DE CAMPO SUGERIDO (3)

Finca .....

Localidad ..... Municipio ..... Distrito .....

Todas las preguntas de este formulario se refieren al campo particular de su finca que consiste aproximadamente de ..... Has. Se encuentra situado en la Localidad ....., Municipio ..... y su posición con respecto a los edificios de la finca es ..... Para la localización del campo se puede ver también el esquema que se adjunta de su finca.

1. ¿Cuál es la rotación de cultivos que usted ha encontrado que se adapta mejor a este campo? (Dé una rotación completa, como por ejemplo: Trigo 2 años, maíz 1 año, alfalfa 2 años) .....

2. Dé la producción de cada uno de los cultivos mencionados en la rotación anterior, así como el año cuando la obtuvo. (Por ejemplo: Producción de trigo en 1942 ..... Hls. y en 1943 ..... Hls.; Producción de maíz en 1944 ..... Hls. Producción de alfalfa en 1945 ..... toneladas, y en 1946 ..... toneladas.)

3. Si usted no usa una rotación de cultvos fija para este campo, dé los cultivos realizados en los últimos cinco años, indicando el año y la producción por Ha.

Cultivo	*Año*	*Hls. o Kgs. por Ha.*
.....	19.....	.....
.....	19.....	.....
.....	19.....	.....
.....	19.....	.....
.....	19.....	.....

4. ¿Ha usado usted fertilizantes comerciales: Sí ..... No .....; Estiércol: Sí ..... No .....; o abonos verdes: Sí ..... No ..... en este campo? (Ponga una x después de sí o no, según corresponda.)

5. Si usó fertilizantes, llene por favor la tabla siguiente. (Si el uso de fertilizantes no aumentó la producción debe poner una marca en la columna de "No se observó aumento". Debe asegurarse de hacer esto, pues tan importante es saber si se obtuvieron incrementos en la producción como es saber si no los hubo. Si usted usó franjas de control por separado para estimar los aumentos, escriba en la última columna: Sí o No.)

---

(3) Los cuestionarios de esta clase deben ser aprobados por el Comité de la Oficina de Presupuesto sobre Estándares Estadísticos antes de que pueda ser usado por empleados del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

Clase y fórmula del fertilizante usado	*En qué cultivo*	*Año en que se usó*	*Cantidad por Ha. (Kgs.)*	*Nº de aplicaciones*	*Cómo se usó el fertilizante*	*Fecha aproximada de siembra*	*Aumento estimado debido al fertilizante*	*No se observó aumento*	*Se usaron franjas de control (sí o no)*

6. Si su rotación no incluye una legumbre, diga cuál fue el último año en que usted cultivó una legumbre en este campo .....

7. ¿Ha notado usted si partes de este campo producen consistentemente en forma diferente del resto? ..... Si es así, ¿cuáles son las partes y cuál fue la diferencia? Haga un esquema en el mapa adjunto de las áreas que han producido diferente.

.....

.....

.....

.....

8. ¿Ha tenido usted dificultad en que ciertos cultivos se le desarrollen en este campo? ..... Si esto ha sucedido, diga cuáles son los cultivos y cómo se comportaron .....

.....

.....

.....

9. ¿Ha notado usted si hay cultivos o variedades que se adapten particularmente bien a este campo? ..... Si es así, diga cuáles han sido los cultivos o variedades .....

.....

.....

.....

10. ¿Hay en este campo estructuras mecánicas como terrazas o sistemas de drenaje artificial? ..... Si es así, ¿han tenido éxito .....

11. ¿Cultiva usted este campo al contorno? .....

12. Haga una lista de los cultivos que no ha mencionado pero que usted ha sembrado en este campo y diga si cree que ellos se adaptan bien o no. Dé los rendimientos obtenidos .....

.....

.....

.....

13. ¿Cuántos años ha estado este campo bajo cultivo? .....

14. ¿Cuántos años ha cultivado usted su finca actual? .....

Este cuestionario sería apropiado en áreas en donde no sea generalizado el uso de la cal y fertilizantes. En donde éstos sean usados en forma general, es necesario incluir mayor número de preguntas en cuanto a clases y cantidades usadas. En otras zonas será necesario agregar preguntas acerca de métodos de riego y drenaje. Frecuentemente se necesitan más preguntas acerca de las variedades de los cultivos. En algunas ocasiones se obtienen de los agricultores mejores estimaciones si se les pidieran estimaciones de los rendimientos de un campo en su totalidad que si se les pidiesen la producción por hectárea; con otros sucede lo contrario.

No se les debe pedir a los agricultores estimar su producción promedio o normal en un campo sino hasta que haya estimado los rendimientos por años individuales. Diferentes agricultores pueden tener conceptos diferentes de los términos "normal" o "promedio". La tendencia más generalizada es la de pensar que los rendimientos normales o promedio son los de los años buenos, olvidando incluir para promediar, los de los años pobres. Algunas veces se omiten los años en que se fracasó con los cultivos, a pesar de lo cual, los pronósticos de rendimiento deben hacerse sobre la base de hectáreas sembradas y no solamente sobre las cosechadas. Es por esto que es mejor ayudar al agricultor a estimar sus producciones año por año, comenzando con la cosecha del último año para continuar luego con el anterior al último y después hacia atrás, hasta donde pueda recordar y hacer estimaciones confiables.

Debe darse la fecha de cada año agrícola específico. Esto hace posible usar los datos climatológicos como control para determinar casos en los cuales se puede haber cometido un error serio. Si los años de sequía severa, por ejemplo, no se reflejan en las estimaciones de rendimiento del agricultor, puede que sea necesario desechar sus cifras si la evidencia indica que el agricultor está confundido en relación con los años en los cuales obtuvo rendimientos particulares. En regiones de clima fluctuante especialmente, la omisión del fracaso de un cultivo en un año, en una serie de 3 a 5 años, puede producir un error serio en la cifra promedio.

Entrevistas.—Los miembros del equipo de levantamientos de suelos durante su trabajo, se encuentran regularmente con agricultores. Las conversaciones con ellos son una parte normal de la labor por cuanto los agricultores están interesados en lo que el edafólogo está haciendo y por qué lo esta haciendo. En estas conversaciones, el edafólogo puede obtener del agricultor observaciones generales en cuanto a cultivos y suelos. También puede estimarse el valor posible de los registros y las estimaciones que el finquero da. Además, pueden obtenerse algunas ideas de utilidad para suplementar sus propias observaciones acerca de la respuesta de los suelos.

Corrientemente, sin embargo, no es mucho lo que se obtiene, para hacer estimaciones de producción, de estas conversaciones más

o menos informales. Los agricultores no pueden recordar rápidamente estimaciones suficientemente precisas y es mucho mejor darles algún tipo de cuestionario similar al ya ilustrado anteriormente para que así tenga más tiempo de pensar al respecto.

Otras estimaciones de rendimiento.—Adyacentes a muchas áreas de estudio se encuentran zonas ya cubiertas por levantamientos de suelos anteriores. Las tablas de pronósticos de rendimientos de estos informes más viejos pueden ser útiles, aunque el jefe del estudio debe tener cuidado en no dejarse prejuiciar por ellas. Lo mejor es que no analice estas tablas hasta tanto no tenga sus tablas propias de estimación. Las estimaciones viejas pueden variar de las suyas debido a diferencias en prácticas agrícolas; además, ordinariamente se puede esperar que tenga datos adicionales gracias al crecimiento rápido de interés en este tipo de investigación. También pueden haber diferencias pequeñas en la homogeneidad de las unidades cartográficas usadas en las dos áreas.. Hay diferencias climáticas que aunque pequeñas, son significativas y pueden reflejarse en los rendimientos. A pesar de todo lo anterior, el jefe del levantamiento de suelos encontrará que las tablas de pronósticos de rendimiento de estudios anteriores son útiles como control.

Otras fuentes.—Son varias las agencias gubernamentales que han obtenido estimaciones de rendimiento de los cultivos en fincas individuales. Todas estas fuentes de información deben investigarse.

Datos censales (4). La Oficina de Censos de los Estados Unidos de Norte América, da cada cinco años estimaciones de hectáreas por condado y rendimientos de los cultivos principales. Estos informes dan algunas ideas generales de manejo para las áreas de los diversos cultivos, el número de cabezas de ganado y la cantidad de cal y fertilizantes usado. Estos datos tienen un valor limitado porque cubren únicamente cada cinco años, se compilan tomando como base los condados y también generalizan ampliamente las prácticas de manejo.

Además de lo anterior, algunos Estados realizan, por medio de asesores locales, un censo anual de fincas. Este censo suministra datos acerca de las hectáreas dedicadas a los diversos cultivos y la producción por condado y algunas veces por municipios. Esta información tiene un valor considerable, pues revela en parte las fluctuaciones importantes de clima. Cuando en el informe se toma al municipio como unidad de informe, los datos son útiles en la estimación de los sistemas agrícolas y su productividad en relación con las asociaciones de suelos.

Otras oficinas de agencias agrícolas en los condados.—Como parte del programa agrícola de conservación en muchas fincas indi-

(4) Para una buena discusión del uso y limitaciones de los datos censales se puede consultar a: BLACK, JOHN D., THE RURAL ECONOMY OF NEW ENGLAND. 796 pp., illus. Cambridge, 1950.

viduales de varios Estados se tienen promedios de producción de trigo para períodos de 10 años. Estos registros se consiguen en la Oficina de condado de la Administración de Producción y Mercadeo. En los Estados en donde el territorio ha sido dividido en secciones, los registros de rendimiento están asociados con la descripción regular de la tierra de modo que las fincas pueden localizarse en los mapas de suelos. Las fincas con una distribución de suelos suficientemente uniforme que permita un arreglo de los rendimientos con base en las unidades cartográficas, pueden agruparse y los rendimientos pueden ser tabulados. Los registros de esta índole, sin embargo, muy raramente incluyen una descripción adecuada de las prácticas de manejo: rotaciones, uso de cal y fertilizantes, labranza, cultivo al contorno, uso de cosechas de cobertura en invierno, etc. Antes de usar estos registros, puede ser necesario visitar algunas de las fincas para obtener información adicional acerca de las prácticas de manejo; con esta información puede iniciarse la agrupación. Para ello usualmente se usa tabular los rendimientos en una hoja separada para cada cultivo en cada suelo, tal y como se muestra en la Fórmula Nº 2 (páginas 506 - 507). Usando tal disposición se tendrá una hoja para maíz en suelo Tama franco limoso, fase quebrada, otra hoja para maíz en suelo Tama franco limoso, fase ondulada, etc. Los datos se pueden disponer en columnas verticales bajo las dos, tres o más clases de manejo establecidas para cada unidad cartográfica en la Fórmula Nº 2. Estas clases se establecen después de estudiar los datos provenientes de todas las fuentes. El analizador debe juzgar muy cuidadosamente en la definición de pocas clases mayores que pongan de manifiesto las relaciones importantes. Para llegar a esto a menudo es útil discutir las clases y sus definiciones con otros agrónomos de la región o en la estación experimental que coopera.

Una vez dispuestos los datos de campo de las diversas fuentes, de acuerdo con las varias clases de manejo para cada suelo, se puede sacar el rendimiento promedio y la variación entre los rendimientos reportados para cada clase de manejo, mostrándose en una forma similar a la que se ilustra en la Fórmula Nº 2.

La variación debe mostrarse por medio del ordenamiento de las cifras individuales, esto es, colocándolas en orden de magnitud ascendentes o descendente, como por ejemplo 31, 29, 25, 19 Hls. Si un rendimiento aparece más de una vez, el número de veces que aparezca se puede poner en paréntesis inmediatamente después del rendimieneto, así 51 (4), 49 (3). Cuando el número de casos sea tan grande que no se puedan arreglar convenientemente en la Fórmula Nº 2, se puede agregar una hoja adicional en donde se muestre el orden o frecuencia de distribución de los rendimientos de cada clase de manejo. No es suficiente dar los límites de rendimiento, como por ejemplo, de 20 a 55 Hls, pues en esta forma no se tiene ninguna indicación de cuantas veces se tienen cosechas altas o bajas dentro de la variación.

Fórmula N° 2

Suelo .....

Cultivo .....

Para rendimientos informados por año: N° de casos (1) . .	*Clases de manejo:*		
	I *(Defina)*	*II* *(Defina)*	*III* *(Defina)*
Arreglo de los casos (2)			
Rendimiento promedio (3) . . .			
N° de años para los cuales se obtuvieron datos (4)			
Para rendimientos informados como promedio de un período de años: Producción promedio			

(1) La producción informada para un año en un campo constituye un caso.

(2) Arréglense los casos de producción en orden de magnitud descendiente, por ejemplo, 85, 83, 80 (2), 79 (3), 75, 70, 66, 63 HLS. Los números en paréntesis inmediatamente después de los rendimientos indican el número de casos en que tal rendimiento se presentó, cuando se ha presentado más de una vez. La letra "e" usada después del número que indica el rendimiento, indica producción proveniente de un experimento.

(3) Media de todos los casos.

(4) Si los registros de rendimiento de este suelo bajo la clase de manejo fueron obtenidos en 1941, 1943 y 1945, el número de años sería 3.

Suplemento a la Fórmula Nº 2

Ordenamiento de los rendimientos de maíz bajo la clase de manejo II

Suelo Tama franco limoso, fase ondulada

75	70 (4)	66	62
73	69 (3)	65 (2)	61
72 (2)	68 (5)	64 (2)	60
71 (4)	67 (4)	63	58

En vista de la posibilidad de cambios en las clases de manejo, posteriores a su discusión con otros agrónomos, el cálculo de los rendimientos promedio y la anotación de los órdenes de rendimientos o frecuencias de distribuciones no deben ser hechas sino hasta que se hayan determinado definitivamente las clases de manejo.

Los rendimientos promedio reportados desde las fincas, deben ser tabulados en copia de la Fórmula Nº 2, por separado de las usadas para los informes de casos de producción por años individuales. La media de estos promedios puede compararse contra la media de los rendimientos de años individuales, lo cual sirve para obtener una apreciación de lo fidedigno de las cifras.

En muchos de sus proyectos la Oficina de Reclamación ha reunido los datos de rendimiento de cultivo de las fincas regadas. Estos datos pueden también relacionarse a algunas de las unidades cartográficas de suelos de algunos de los campos; en general se tratan como los obtenidos de otras fuentes.

Estimaciones de posible rendimiento

Aparte de los estudios y comparaciones de los datos de rendimiento procedentes de las diversas fuentes, se establecen estimaciones tentativas del rendimiento promedio que se espera de cada una de las unidades cartográficas de suelos bajo clases de manejo definidas. Si las observaciones para un suelo dado y para una clase de manejo son limitados a un período corto, de 3 ó 4 años por ejemplo, los promedios de estas observaciones por sí solos pueden no ser representativos de los rendimientos posibles en un período largo de años debido a la gran influencia que sobre el promedio puede tener un solo año de tiempo no usual. Para evitar los errores provenientes del uso de períodos cortos, puede ser necesario estudiar los datos climáticos correspondientes a los de los cuales se tienen observaciones. Las comparaciones de los datos climáticos de estos cortos períodos con los de períodos más largos, puede ayudar a ajustar los rendimientos. Si se pueden obtener los rendimientos promedio del condado para el período cubierto por las observaciones, éstos pueden compa-

rarse con los promedios de producción de un período largo y así descubrir cualquier efecto del tiempo. Al hacer tales comparaciones, sin embargo, deben tenerse en cuenta los efectos producidos por las variedades mejoradas de los cultivos, las mejores prácticas de manejo y, los grandes cambios en extensión cultivada. Teniendo en cuenta ésto, se pueden separar los efectos de tales factores de los debidos a diferencia en el tiempo.

Cuando no se han medido las variaciones de manejo para llegar a estimaciones de producción confiables, es necesario efectuar varias observaciones en un año. Algo importante es la valoración apropiada de los datos provenientes de las diversas fuentes. De un lado el analizador debe evitar la selección subjetiva que puede llevarlo a parcialización inconsciente, y por el otro lado, debe evitar los promedios estadísticos de datos no comparables. Algunas veces se pueden desarrollar pruebas estadísticas ordinarias para determinar la combinación adecuada de estimaciones de diferentes fuentes.

En algunas zonas puede que lo mejor sea comenzar con los rendimientos-referencia de los suelos más importantes según las clases de manejo establecidas bajo los niveles usados. Lo ideal es desarrollar estos rendimientos-referencia para suelos de alta y de baja productividad y para todos los suelos intermedios de los cuales se puedan conseguir buenos datos. A estas alturas puede ser útil una revisión del total por otros agrónomos. Con esta base los demás suelos se pueden ubicar entre referencias, de acuerdo con las estimaciones de sus productividades relativas.

En otras zonas puede ser mejor comenzar ordenando los suelos por cultivos bajo cada clase de manejo de acuerdo con la productividad para cada cultivo individual y luego transformar estos valores en valores absolutos en términos de kilogramos, "Hls" y toneladas partiendo de los rendimientos-referencia obtenidos.

Las estimaciones de rendimiento para un cultivo se dan únicamente para aquellos suelos a los cuales el cultivo está suficientemente bien adaptado como para ser usado por los agricultores. En las tablas no se dan estimaciones para muchos de los tipos de tierras misceláneas y para algunas de las unidades cartográficas no utilizadas para cultivos o pastos. Cuando para mayor claridad ello es necesario, en vez de las cifras de estimaciones de rendimiento se puede usar la palabra "inapropiado". Para algunas unidades cartográficas no adaptables a cultivo se dan únicamente estimaciones para pastos y heno.

—	—	—	—	6	100	[4]100	200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	8	150	[4]150	300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
300	475	1	4	9	100	[4]200	400	.1	.2	.7	.1	.2	.4	—	—	—	5
700	850	4	9	15	350	400	800	.6	.6	1.1	.5	.5	.8	.7	.8	1.3	30
550	700	2	6	12	175	300	700	.3	.4	.9	.1	.2	.6	.3	.6	1.0	20
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
825	1000	3	6	14	—	—	—	.8	.8	1.4	.8	.8	1.1	.9	1.0	1.6	35
850	1000	3	7	14	—	—	—	.8	.8	1.4	.8	.8	1.1	.9	1.0	1.6	35
750	875	4	[4]8	13	350	[4]400	800	1.0	1.0	1.6	1.0	1.0	1.3	1.5	1.5	2.0	55
—	—	—	—	—	—	—	—	.9	.9	1.4	.8	.8	1.0	1.5	1.5	1.7	—
725	875	3	6	14	—	—	—	.8	.8	1.3	.6	.6	1.0	.9	1.0	1.6	35
850	[5]1000	4	9	15	275	[4]350	800	.7	.7	1.3	.5	.5	.9	.8	.9	1.5	35
950	[5]1050	5	10	16	300	[4]385	800	.8	.8	1.4	.6	.6	1.0	.9	1.0	1.6	40
625	750	2	7	12	200	300	700	.4	.5	1.0	.2	.3	.6	.4	.7	1.1	25
700	900	1	[4]4	10	—	—	—	.5	.6	1.0	.4	.5	.9	.6	.8	1.3	20
—	—	—	—	—	—	—	—	1.4	1.4	1.7	1.2	1.2	1.3	2.0	2.0	2.2	—
725	850	4	[4]7	12	350	[4]400	800	1.0	1.0	1.6	1.0	1.0	1.3	1.4	1.4	1.8	50
875	1000	8	13	19	550	600	1100	1.1	1.1	1.7	1.1	1.1	1.3	1.5	1.5	2.0	70
—	—	1	5	10	150	[4]250	500	.2	.3	.8	.1	.2	.5	—	—	—	10
700	850	3	8	14	350	400	800	.5	.6	1.0	.4	.4	.7	.6	.7	1.2	25
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
375	550	1	5	10	150	[4]250	500	.2	.3	.8	.1	.2	.5	—	—	—	10
825	1000	6	12	18	400	480	1100	.8	.3	.8	.6	.6	1.0	1.0	1.1	1.7	40
600	725	3	8	13	225	325	725	.4	.5	1.0	.2	.3	.6	.4	1.1	1.1	25
—	—	—	—	—	—	—	—	.7	.8	1.5	.8	.9	1.3	1.1	1.2	1.7	—
—	—	—	—	—	—	—	—	.5	.6	1.2	.7	.8	1.2	.9	1.1	1.5	—
825	1000	6	12	18	400	480	1100	.8	.8	1.5	.6	.6	1.0	1.0	1.1	1.7	45
950	1050	5	10	16	300	385	800	.8	.8	1.4	.6	.6	1.0	.9	1.0	1.6	40
850	[5]1000	4	9	15	275	[4]350	800	.7	.7	1.3	.5	.5	.9	.8	.9	1.5	35
625	750	2	7	12	200	300	700	.4	.5	1.0	.2	.3	.6	.4	.7	1.1	25
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	10	14	20	700	750	1200	.9	.9	1.5	.7	.7	1.1	1.1	1.2	1.8	55
850	1000	10	14	20	600	650	1100	.9	.9	1.5	.7	.7	1.1	1.1	1.2	1.8	55
750	900	8	11	17	400	500	975	.8	.8	1.4	.6	.6	1.0	1.0	1.1	1.7	35
700	825	5	9	15	400	450	800	.6	.6	1.1	.7	.7	.9	.9	1.0	1.3	40
775	875	6	10	15	450	500	950	1.0	1.0	1.6	1.0	1.0	1.3	1.4	1.4	1.8	55
850	1000	8	13	19	650	700	1300	1.0	1.0	1.6	1.0	1.0	1.3	1.4	1.4	1.8	60
800	900	6	10	15	450	500	950	1.0	1.0	1.6	1.0	1.0	1.3	1.5	1.5	2.0	15
600	775	2	[4]5	11	—	—	—	.8	.8	1.5	.9	.9	1.3	1.1	1.2	1.7	60
800	950	11	15	21	650	750	1300	1.0	1.0	1.7	.8	.8	1.2	1.3	1.4	2.0	60

locales, miembros del

(2) El grado o calidad del tabaco rubio del oeste producido en estos suelos sin el uso de

suelo q

No	0	4	idem	15	8	20
Sí	200	8	idem	30	14	35
No	0	0	idem	30	10	27
No	0	4	idem	45	14	40
Sí	200	8	cultivo al contorno	55	22	52
No	0	0	ninguna	25	4	17
No	0	4	idem	35	8	27
Sí	200	8	cosechas en franjas al contorno	50	16	40
No	0	0	ninguna	35	12	30
No	0	4	idem	45	16	40
Sí	200	8	Cultivo al contorno	55	24	52
No	0	0	ninguna	25	6	20
No	0	4	idem	35	10	30
Sí	200	8	Cosechas en franjas al contorno	50	18	45
No	0	0	ninguna	20	2	15
No	0	4	idem	30	6	25
Sí	20	8	Cosechas en franjas al contorno	45	12	40
No	0	0	Se debe drenar si es necesario	30	18	30
No	0	4	idem	40	20	35
Sí	200	8	idem	50	24	40

iento por acre de la mayoría de los cultivos se nidos para la mayoría de los suelos e indicados astos se define separadamente.

nes se indican por medio de las letras: C, O M. pción. Cuando se estima el promedio de rendile soya se substituye por una de maíz en la o en el cual se considera que la soya se cultiva avena. La "M" para pradera que incluye una lanco y "alsike", excepto cuando se estima la a rotación 3 o más años de pradera. Excepto entender alfalfa.

aplicaciones de cal estas se efectúan una vez iente para neutralizar la acidez del suelo. Se

una aplicación de superfosfato del 20 por ciento be considerar esta aplicación como la recomen-

una vez durante la rotación en la primera o

s superficiales protegidas con grama junto con contorno.

o en el Condado de Tama por lo cual los datos os son limitados; consecuentemente las producisas que las que se dan para los otros cultivos.

e los suelos para pastos se definen únicamente

Sistema A:

1) No se aplican cal ni fertilizantes.
2) Aunque la vegetación consiste principalmente de gramíneas no se hace ningún esfuerzo para mejorar las especies o agregar leguminosas.
3) No se combaten las malas hierbas.
4) Los pastos no son sobrepastoreados.

Sistema

1)
2)
3)
4)
5)

El término "días vaca por acre" que se usa para e tierra, es el producto del número de animales mantenidos días que los animales pueden pastorear sin daño para el pa 1 unidad animal por acre por 360 días se le asigna un valo animal en 2 acres por 180 días vale 90 días-vaca y un su acres por 100 días vale 25.

(9) El sistema de manejo no incluye este cultivo en

(10) En vista de que la alfalfa es tan sensitiva a l se incluye ninguna estimación de su rendimiento

(11) La estimación del promedio de producción de COMMM.

(12) La estimación del rendimiento promedio de tréb ción es COMM.

Las estimaciones tentativas de rendimiento que se establezcan después de un análisis de todos los datos y estimaciones obtenidos deben discutirse con otros agrónomos bien informados. Este grupo debe incluir, de acuerdo con el interés y competencia de cada uno, al agente agrícola, los miembros técnicos de los departamentos de agronomía, suelos y economía agrícola de la estación experimental agrícola Estadal que coopera y a veces, supervisores locales de créditos agrícolas, técnicos de conservación de suelos e informadores sobre cosechas. De especial utilidad pueden ser los edafólogos, agrónomos y especialistas en horticultura que estén familiarizados con el comportamiento de las variedades mejoradas de los cultivos.

Las estimaciones finales de rendimiento preparadas para el informe del levantamiento de suelos deben ser razonables cuando se las mire a la luz de los datos disponibles y del juicio de científicos agrícolas bien informados y de consejeros familiarizados con los cultivos y suelos del área estudiada.

Métodos de presentación.—Las fórmulas utilizadas para las tablas de rendimiento pueden verse en la mayoría de los informes de levantamiento de suelos recientemente publicados por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. A continuación se incluyen como muestras estos dos cuadros. La perteneciente al Condado de Tama, Iowa, tiene la ventaja de que muestra directamente en el cuadro los rasgos principales de las clases de manejo. Las variaciones que se presentan en este Condado no son tan grandes como las de de otros. Generalmente es necesario describir, en forma más completa de lo que es posible hacer en las tablas, las clases de manejo para las cuales se hacen pronósticos estimados de rendimiento. Estas descripciones de las clases de manejo para cada una de las unidades cartográficas se hacen bajo el subtítulo **Uso y Manejo** del Informe del Levantamiento de Suelos o en una de las tablas. Las características generales de las clases de manejo pueden usarse como base para agrupar los suelos que tengan requerimientos comunes de manejo, tal y como se trató en la sección titulada El Informe del Levantamiento de Suelos.

La tabla para el Condado Calloway, Kentucky, es de uso menos fácil debido a que depende totalmente del texto que la acompaña en donde se explican las clases de manejo bajo las cuales se han estimado los rendimientos. Estas descripciones en el texto son difíciles de asociar con las estimaciones particulares.

La expresión más útil de productividad del suelo es la de rendimiento promedio bajo clases definidas de manejo. Para comparar suelos es conveniente, aunque menos preciso, tener una valoración o índice de la productividad bajo clases definidas de manejo, en términos de estándares Nacionales. Este se calcula de la manera siguiente:

$$\text{Indice para valoración de la productividad} = \frac{\text{Rendimiento esperado por Ha.}}{\text{Rendimiento normal por Ha.}} \times 100.$$

Estas valoraciones de la productividad permiten comparaciones generales entre los suelos, especialmente a aquellas personas que desconocen los rendimientos normales de los varios cultivos.

La tabla de estimación de rendimientos se puede convertir directamente en valoraciones de productividad partiendo de rendimientos estándar de cultivos individuales. En el Cuadro 13 se dan ejemplos de estos rendimientos estándar para unos pocos cultivos. Estos no son de ningún modo los rendimientos más altos. Con manejo superior o con el mejor manejo, la valoración de la productividad de muchos suelos es mayor que 100. Cuando se incluya en el informe del levantamiento de suelos la tabla de valoración de la productividad, puede ser preparada por oficinistas a partir de las estimaciones de rendimiento y los rendimientos estándar.

Además de la valoración de la productividad para cultivos individuales, la elaboración de una valoración general de la productividad es útil si se compilan todos los cultivos adaptados. Hasta el momento no se ha desarrollado un método adecuado para resúmenes estadísticos satisfactorios. Cuando se usan estas valoraciones generales, se toman totalmente en cuenta las valoraciones para los cultivos individuales y la importancia relativa de estos en el sistema agrícola. Sin embargo, no se ha desarrollado una fórmula satisfactoria para hacerlo matemáticamente. Por ejemplo, suelos que pueden ser altamente productivos para cultivos como centeno y trigo sarraceno a menudo no se utilizan del todo para otros cultivos debido a que son utilizados más económicamente para cultivos más intensivos, como por ejemplo, remolacha azucarera. De otro lado, un suelo que tiene una productividad baja para la mayor parte de los cultivos que se le siembren, puede ser altamente productivo para una cosecha particular, como por ejemplo tabaco rubio, o para citar ejemplos más extremos, para el arándano corriente o el arándano agrio de los pantanos.

Esta valoración general puede servir para resumir los efectos combinados de las cualidades del suelo, incluyendo fertilidad, frecuencia con la cual se puede cultivar una cosecha de alto valor, facilidad de labranza, relaciones de humedad, peligros de erosión y de inundación, en todo aquello que ellas puedan afectar la relación de gastos contra entradas. Estas valoraciones generales se hacen más para regiones relativamente grandes que para los Estados Unidos en su totalidad. Los jefes de levantamiento deben hacerlas en términos relativos dentro de sus áreas. En donde se incluyan tales valoraciones los suelos pueden ordenarse en 5, 10 u otro número de clases, de acuerdo con la productividad general.

CUADRO 13. — RENDIMIENTOS ESTANDAR DE CULTIVOS SELECCIONADOS PARA EL CALCULO DE LA VALORACION DE PRODUCTIVIDAD A PARTIR DE PRONOSTICOS DE RENDIMIENTO

Cultivo		*Producción por Ha.*
Semilla de alfalfa	litros	871
Manzanas	"	17.416
Cebada	"	3.583
Frijol blanco ordinario	"	2.177
Millo escoba	kilos	673
Trigo sarraceno	litros	2.177
Trébol rojo, semilla	"	610
Repollo	Tons.	27
Maíz	litros	4.454
Ensilaje de maíz	Tons.	27
Algodón desmontado	kilos	448
Linaza	litros	1.306
Vainitas	"	10.450
Heno:		
Timothy	Tons.	9
Trébol dulce	"	4,48
Soya	"	2.24
Trébol rojo	"	3.36
Avena	"	7,85
Nativo	"	2.24
Millo	"	4,48
Lespedeza	"	4,48
Frijol vaca	"	5,60
Trébol alsike	"	4,48
Alfalfa	"	4,48
Timothy y trébol	"	4,48
Frijol terciopelo	"	2,24
Semilla lespedeza	kilos	504
Avena	litros	4.454
Duraznos	"	17.416
Maní	kilos	1.345
Vainitas	litros	2.177
Pasto permanente (días-vaca)		247
Papas	litros	17.416
Sorgo de forraje	Tons.	9
Sorgo de grano	litros	34.822
Sorgo dulce (jarabe)	"	935
Fresa	"	272
Remolacha azucarera	Tons.	27
Batata	litros	13.062
Tabaco: hoja brillante	kilos	1.121
Burley	"	1.681
rubio del Oeste	"	1.121
Trigo	litros	2.177

Prácticas de uso y manejo del suelo

Un informe de levantamientos de suelos debe dar información adecuada y fidedigna acerca de los usos y prácticas adecuadas para cada suelo. Entre más completa y específica sea esta información más valioso es el mapa de suelos para los agricultores y consejeros agrícolas. Estas interpretaciones jamás pueden ser sustituídas por las más completas descripciones de suelos. De hecho entre más específicas sean las interpretaciones, con mayor rapidez se vuelven anticuadas.

Para conveniencia de los lectores, una buena parte de la información debe disponerse en tablas y resúmenes de fácil comprensión y lectura. Gran parte del material básico para tablas y resúmenes ha sido ya desarrollado al hacer estimaciones sobre producción. Sin una buena tabla de estimaciones de producción hecha por clases de manejo, no es posible hacer buenas agrupaciones interpretativas.

Es muy importante que el informe contenga claramente establecidos los principios de los usos principales para los cuales los suelos tienen capacidad, como por ejemplo: cultivos escardados, pasto permanente y uso forestal. Usualmente se encuentran suelos marginales difíciles de ubicar. Bajo determinadas condiciones económicas o en ciertas fincas tales suelos deben usarse de un modo, mientras que bajo otras condiciones económicas o en otras fincas, deben usarse de modo diferente. Es por esto que, por un lado, el edafólogo debe evitar recomendaciones categóricas y por otro, la falta de claridad y especificidad de los resultados de conjuntos alternativos de prácticas.

En la sección titulada Propósito de los Mapas y de los Informes de Suelos, se han esquematizado ya en forma amplia, los requerimientos para la planificación de las fincas. En la coordinación de los hechos que sirven este propósito, el jefe del levantamiento de suelos debe llegar tan lejos como sea posible. Los puntos siguientes son de especial importancia para cada suelo potencialmente apto para cultivo:

1. Rotaciones de cultivo apropiadas, incluyendo cultivos de cobertura.
2. Variedades de cultivos apropiados, en donde ellas han sido razonablemente bien establecidas y en donde son diferentes para diferentes suelos del área de estudio. Las variedades específicas de algunos de los cultivos más comunes están demasiado sujetas a cambio como para que se haga hincapié en ellas por nombre en un documento de tanta permanencia como es el informe del levantamiento de suelos. Sin embargo, deben discutirse los principios que rijan la escogencia, deben sugerirse grupos amplios y deben mencionarse las variedades específicas que sean razonablemente estables como las de las especies frutales. Las preferencias que hayan mostrado o muestren las variedades de cultivos anuales se pueden enfatizar más en hojas especiales y en comunicaciones a los agricultores.

3. Requerimientos de cal.
4. Requerimientos de fertilizantes.
5. Prácticas de laboreo apropiadas que incluyan cuando ello sea importante la mejor época de efectuar las prácticas.
6. Prácticas especiales apropiadas para el control de escurrimiento superficial y la erosión, en donde se necesiten, incluyendo terrazas, cultivo al contorno y cultivo en fajas.
7. Sistemas y prácticas de drenaje apropiadas, cuando sean requeridas.
8. Prácticas de riego adecuadas, incluyendo métodos para el control de la salinidad, si ello fuera importante.
9. Prácticas especiales para el establecimiento y mantenimiento de pastos mejorados.
10. Prácticas especiales para el control de la erosión eólica cuando ello tiene importancia.

Para suelos no apropiados para cultivo pero sí para pastos permanentes, deben explicarse las prácticas a usar. En donde la silvicultura sea importante y las prácticas de manejo estén relacionadas con los tipos de suelo, deben discutirse estas prácticas si se dispone de información fidedigna.

Para asegurarse de que cada punto ha sido cubierto para cada suelo al cual se aplica, el jefe del estudio encontrará útil disponer de fórmulas en blanco, con una lista de puntos. Un registro completo para cada unidad cartográfica le ayudará a evitar la omisión de cualquier punto y le ayudará, a través de la preparación de su informe, en el desarrollo de las exposiciones acerca del uso y manejo así como en las tablas resumen.

Las fuentes de información acerca de usos y prácticas apropiadas son casi las mismas que ya se mencionaron en detalle cuando se trató del desarrollo de estimaciones de rendimiento. Los informes y resúmenes de resultados experimentales son particularmente útiles. La mayor parte de las estaciones experimentales agrícolas tratan de mantener al día sumarios de los datos experimentales de importancia para diferentes propósitos. En áreas en donde hayan fincas de demostración unitarias de prueba, bien desarrolladas, pueden obtenerse datos de mucha utilidad de los resúmenes del agente agrícola, de otros especialistas de extensión y por medio de entrevistas. Tal y como con las estimaciones de rendimiento, los datos de mayor valor de manejo usados en el desarrollo de las estimaciones de producción, son los que proceden de buenos libros de registro agrícola.

Agrupamiento de los suelos

Una buena parte del material que se necesita para caracterizar los suelos en términos de usos y prácticas, puede presentarse en varias clases de tablas y agrupamientos. Estas son muy variables en virtud de las diversas condiciones y problemas de las diferentes áreas.

Después de la tabla de predicciones, son de primera importancia las agrupaciones de los suelos de acuerdo con las clases de manejo o los requerimientos de manejo para producción óptima. En diversos lugares de este **Manual** se mencionan varias clases de agrupaciones útiles, muchas de las cuales se pueden apreciar en informes recientes de levantamientos de suelos publicados por el Departamento de Agricultura. Casi al final de este libro se incluye una bibliografía especial de informes. A continuación se pueden resumir unos pocos pero importantes ejemplos:

Capacidad de uso del suelo.—En donde las unidades cartográficas varían ampliamente en sus capacidades amplias de uso, es necesario agruparlas bajo tres grupos principales, de acuerdo con su adaptabilidad para 1º) cultivos que requieran aradura, 2º) pasto o pastoreo permanente y 3º) silvicultura. Además de estas capacidades, se pueden presentar algunas pocas unidades cartográficas esencialmente constituídas por tierras inútiles. Usualmente es útil dividir el primer grupo, como agrupación mayor que abarca los suelos adaptables para cultivos escardados, en tres grupos que pueden denominarse: 1º) excelente para cultivos y pastos, 2º) bueno para cultivos y pastos y 3º) regular para cultivos y pastos. Para muchos de los usos a que están destinados los mapas de suelos, esta amplia agrupación en cinco clases mayores, es de mucha utilidad; sin embargo, los problemas mayores y las prácticas de manejo para los suelos individuales dentro del mismo grupo varían ampliamente. En algunas áreas de estudio esta agrupación es de menor utilidad que en otras debido a que sólo están representados unos cuantos de los grupos mayores. Si por ejemplo todos los suelos son por lo menos razonablemente apropiados para cultivo, las distinciones importantes se harán dentro del primer gran grupo. Esta simple agrupación es, sin embargo, tan fácilmente entendida por la mayoría de la gente que desea una especie de "inventario general" de la tierra y que no desea estudiar las clases y valoraciones detalladas, que debe hacerse en la mayor parte y posiblemente en todos los estudios.

Requerimientos de manejo.—La agrupación más importante es la que se hace tomando como base los requerimientos mayores de uso. Estos grupos se relacionan tanto como es posible con las clases de manejo usadas en el desarrollo de las estimaciones de producción, aunque puede ser útil para las estimaciones de rendimiento, tener más grupos de requerimientos de manejo que clases de manejo.

El número de grupos de manejo requeridos depende de la variación de las condiciones del suelo dentro del área, la intensidad de uso y la disponibilidad de información detallada adecuada. Entre más amplios sean los grupos menos específicos pueden ser sus definiciones y las descripciones de los requerimientos de manejo. **No se puede esperar que todas las unidades cartográficas dentro de un grupo tengan requerimientos de manejo idénticos.** Las variaciones específicas dentro de los grupos deben tratarse bajo los nombres individuales

de cada unidad cartográfica. Esto es muy importante a los fines de uso del levantamiento de suelos. El beneficio que representan las agrupaciones de manejo puede perderse totalmente si se ignoran los requerimientos específicos de los tipos individuales de suelos, de las fases y los complejos de un lado, y del otro, si se hace un número muy grande de agrupamientos separados obedeciendo únicamente a variaciones ligeras entre una y otra. En áreas muy complejas es tan grande el número de grupos requeridos para alcanzar una homogeneidad que permita definiciones específicas acerca de manejo, que se gana poco con el agrupamiento. En estas zonas es necesario usar tablas en las cuales se incluyan las necesidades de manejo de las unidades cartográficas individuales.

Requerimientos de cal y fertilizantes.—En algunas áreas los requerimientos de cal y fertilizantes pueden incluirse bajo los grupos de manejo; sin embargo algunas veces únicamente se pueden tratar en forma apropiada en las clases individuales de suelo o en agrupaciones muy poco diferenciadas. Estos requerimientos pueden hacerse más claros utilizando grupos suplementarios que indiquen necesidades individuales de cal, fertilizantes fosfatados, potásicos, nitrogenados y tal vez otros. Aunque hoy día la mayoría de los agricultores de un área usan fertilizantes mezclados, principalmente por la costumbre o porque así ha sido establecido por el comercio, puede que sea más económico el uso de "fertilizantes puros". Muchos agricultores disminuyen sus entradas por el uso de fertilizantes de bajo análisis.

Las recomendaciones actuales para la aplicación de cal y fertilizantes a un campo específico dependen del sistema agrícola y del uso anterior, incluyendo cualquier pasada aplicación de estos materiales. El levantamiento de suelos debe dejar este punto bien claro. En las zonas en donde se pueden hacer buenas recomendaciones por medio de un servicio apropiado de análisis de suelos, debe dejarse esto asentado en forma bien clara en el estudio. Al mismo tiempo, las necesidades de fertilizantes deben indicarse tan específicamente como sea posible.

Riego.—En las zonas propuestas para riego, los suelos pueden agruparse con ventaja en cinco clases de acuerdo con su susceptibilidad a la aradura bajo riego. Bajo algunas situaciones pueden requerirse agrupaciones, mientras que bajo otras, pueden necesitarse más. Las unidades cartográficas individuales pueden agruparse en cinco títulos, los cuales se dan a continuación:

1. Suelos muy apropiados para riego.
2. Suelos moderadamente bien apropiados para riego.
3. Suelos pobremente apropiados para riego.
4. Suelos muy pobremente apropiados para riego.
5. Suelos no apropiados para riego.

Las prácticas de riego adecuadas a los suelos deben ser explicadas, generalmente, por medio de subgrupos de las clases principales. Tales prácticas incluyen el largo de los surcos, separación entre riego y cantidades de agua a aplicar, dimensiones de los bordes, relaciones entre pendiente y diseño de los canales de riego, etc.

Drenaje.—En áreas de estudio en donde se consideran trabajos de drenaje, los suelos pueden agruparse en cinco clases, de acuerdo con su adaptabilidad para uso con drenaje, en la misma forma en que se ha sugerido que se haga con el riego. Generalmente sin embargo, pueden agruparse en tres clases de acuerdo con 1º) drenaje necesario, 2º) drenaje útil y 3º) drenaje no necesario. En algunas zonas el primer grupo debe subdividirse de acuerdo con el tipo de drenaje: tubo, zanjas o formación de camas con pendiente.

Cultivos individuales.—Corrientemente no es necesario separar agrupaciones de suelos de acuerdo con su adaptabilidad a cultivos individuales, pero sin embargo hay lugares en donde tales agrupaciones son de mucha utilidad. En donde la agricultura de una área consiste principalmente de un solo cultivo, como a menudo sucede con el maíz, trigo, algodón o frutales, el valor de la tierra está determinado, en gran parte, por su adaptabilidad a tal cultivo. Para las personas interesadas en el valor de la tierra, puede ser de mayor valor una agrupación de la adaptabilidad al cultivo principal, con diez clases, que la valoración general de la productividad. Aunque parezca que la adaptabilidad puede fácilmente interpretarse de la tabla de estimaciones de producción bajo las clases de manejo, esto no siempre es así.

Si los requerimientos de manejo de los suelos varían ampliamente, dos suelos con más o menos el mismo pronóstico de rendimiento para un cultivo pueden variar en su adaptabilidad para tal cultivo. En el Oeste medio, por ejemplo, los suelos Gley-Húmicos (Wiesenboden) se plantan comúnmente con maíz durante 2 años de cada 3 ó 4, mientras que los suelos asociados Podzólicos Pardo-grisáceos se plantan 1 año de cada 3 ó 4 años. A pesar de ello, los rendimientos por hectárea pueden ser similares.

Aún cuando los agricultores de una zona generalmente se concentran en un cultivo principal, esto no quiere decir que no se pueda o deba usar otro sistema alternativo más económico. Cuando se conozcan estas alternativas, deben hacerse sobresalir en el informe.

Para claridad y facilidad en la lectura del informe, a menudo es útil hacer agrupaciones de suelos por cultivos individuales, lo cual se aplica especialmente a los pastos y cultivos que constituyen una especialidad. En general, son adecuadas cuatro clases para esta agrupación: 1º) excelente, 2º) bueno, 3º) regular y 4º) pobre; sin embargo, es posible hacer distinciones más refinadas, de cierta utilidad.

Peligro de erosión.—El peligro de erosión normalmente se trata en forma adecuada en la discusión de los grupos de acuerdo con los

requerimientos de manejo. Sin embargo, si el peligro de erosión es especialmente importante, puede ser útil agrupar las unidades cartográficas en tres clases: 1º) de ligero a ninguno, 2º) moderado y 3º) alto. En unos pocos casos puede ser necesario usar cinco clases: 1º) ninguno, 2º) ligero, 3º) regular, 4º) alto y 5°) muy alto. Para que esta clasificación tenga significación, deben indicarse clases de manejo para cada clase.

Estas distinciones en peligro de erosión usualmente se exponen en formas más conveniente en la tabla del informe que establece las caractersíticas y comportamiento de los suelos individuales.

Productividad general.—Las agrupaciones de acuerdo con la productividad general, tal y como se discuten en las valoraciones de la productividad del suelo, siguen la tabla de valoración de la productividad del suelo, si es que se prepara una. Ordinariamente se usan 10 clases, desde la más alta a la más baja. Desde luego que dentro de cualquiera de estas clases, los requerimientos de manejo pueden variar ampliamente. Esto es, dos suelos pueden ser altamente productivos incluídos en las clase 1 ó 2 y aún pueden tener grandes diferencias en cuanto a cultivos adaptados y en las prácticas necesarias para alcanzar una alta relación entre producción y gastos. Si no se prepara una tabla de valoración de la productividad, estas valoraciones generales pueden incluirse como una columna separada en la tabla de predicción de rendimientos.

Aunque las agrupaciones que se hacen de acuerdo con la productividad general no son de ayuda especial en la presentación del material que se necesita para la planificación de las fincas, son muy útiles para propósitos de valoración de tierras para asesoramiento en lo relacionado con impuestos, etc.

Agrupaciones por factor único

Los suelos también pueden agruparse de acuerdo a los factores edáficos únicos, como por ejemplo pendiente, profundidad, color de un horizonte, etc., pudiendo prepararse mapas donde se muestren estas agrupaciones. Sin embargo, estas agrupaciones generalmente no son útiles debido a que muy raramente es posible hacer interpretaciones fidedignas a partir de un solo factor. Si las otras características varían únicamente dentro de límites estrechos y si se conoce el ambiente general, los mapas de un solo factor pueden tener algunos usos prácticos. El edafólogo debe recordar que su tarea principal para hacer útiles el mapa de suelos y la clasificación, es una tarea de síntesis más bien que de análisis. Por lo tanto, aún cuando los mapas de factores únicos son relativamente fáciles de preparar, corrientemente no ayudan al lector ya que la guía que busca en un levantamiento de suelos requiere de la síntesis de muchos factores, ninguno de los cuales tiene relaciones directas simples con los resultados combinados.

CORRELACION DE LOS SUELOS E INSPECCION DE LOS LEVANTAMIENTOS

La utilidad final de la clasificación y cartografía de los suelos depende de una correlación exacta. Este proceso incluye: 1º) comparación de las unidades locales de clasificación; 2º) reconocer, establecer y bautizar nuevas unidades concordantes con el sistema; 3º) agrupar las unidades taxonómicas en series, familias, grandes grupos, sub-órdenes y órdenes de suelos; 4º) agrupar unidades geográficas en asociaciones nombradas y definidas; 5º) disponer las unidades en claves o grupos, según sea necesario, para destacar principios y relaciones de acuerdo con las características observadas, cualidades inferidas, factores genéticos o combinaciones de ellos.

Es responsabilidad del Jefe del levantamiento, con la guía del edafólogo supervisor o correlator; definir las unidades de su levantamiento de tal modo que se facilite su correlación y nomenclatura futuras. Al mismo tiempo debe evitarse todo posible desvío de las definiciones dadas a las unidades locales, antes de que se realicen las correlaciones particulares. La primera responsabilidad del jefe del levantamiento es velar por que la clasificación en su área sea internamente concorde y adecuada. La correlación de esas unidades con las de otras regiones es un trabajo posterior.

No se deben dar nombres de unidades ya establecidas a las unidades locales sino hasta que el jefe del levantamiento y los edafólogos supervisores estén razonablemente seguros de que la correlación no será modificada en la revisión siguiente; cualquiera de los técnicos que trabajan en el proyecto pueden confundirse y relacionar un nombre con un conjunto de características equivocado.

Inspección y correlación de los Informes

Ya que el científico supervisor de suelos —correlator— es usualmente el mismo que se encarga de la inspección de la clasificación, cartografía y escritura del informe, así como de la correlación, para que sean adecuados y precisos, la inspección y correlación de los in-

formes se combinan a menudo en un solo documento. Después de cada visita al área de estudio, el edafólogo supervisor o correlator hace un informe de inspección, el cual se designa como primero, de progreso, o final, según sea el caso. Los informes sobre el progreso del levantamiento de suelos se hacen en formularios estándar, con hojas adicionales, los cuales incluyen lo siguiente:

Informe de la inspección .....
(Primera, de progreso o final). Fecha de presentación .....
Nombre y número del área (incluyendo Municipio, Distrito o Estado .....
.....
Organizaciones que (a) inician y (b) cooperan en el estudio: .....
.....
Extensión del área ..... Fecha en que se inició el estudio
(Has. o Km²)
.....
Tipo de estudio .....
(Detallado, de reconocimiento, Reconocimento-Detallado, u otro).
Estado del trabajo de campo .....
Personal del estudio: (Indicar el jefe del estudio y la organización de cada miembro) .....
.....
.....
Transporte: costos arreglados por .....
¿Es amplio? ..... ¿El carácter del servicio, es severo?
.....
Mapa base (incluyendo fotografías aéreas): Clase .....
Escala ..... ¿Es adecuada la escala? .....
¿Existen datos de control utilizables? .....
¿Las alteraciones o revisiones, se están mostrando en forma apropiada y precisa? .....
¿En dónde se usan fotografías aéreas, se les monta en la plancheta, cuando es necesario, para obtener una orientación precisa? .....
.....
Legiblidad de los mapas: ¿Están los límites claramente definidos? .....
.....
¿Hay símbolos en todas las áreas? ..... Están los símbolos orientados? .....
¿Se han puesto los nombres de ríos y riachuelos? .....
¿Se han mostrado los puntos de referenca de nivel y las esquinas de las secciones? (1) .....
Hojas originales - Muestran ellas: ¿Fecha del Estudio? .....
¿Nombre del área? ..... Nombre del edafólogo.....
¿Escala? .....
¿Norte Magnético? ..... ¿Una lista de los símbolos de suelos usados en el borde de la hoja? .....
¿Están las hojas correlacionadas? .....

(1) N. T. Sección: División de los terrenos en los Estados Unidos, equivalente a 259 hectáreas.

(Otras observaciones) .....

Leyenda: Envíe una lista que muestre todas las unidades tales como tipos de suelo, fases, complejos o tipos de tierra misceláneos, clases de pendiente, erosión, pedregosidad y exceso de sales en donde sean establecidas y las clases (si las hay) de uso de la tierra u otras características especiales. (Inclúyase una descripción completa de todas las series de suelo u otras clasificaciones nuevas, y de cualesquiera variaciones en las unidades existentes, como una parte del informe de inspección) .....

.....

.....

Indique si se ha dado a cada miembro del levantamiento de suelos una leyenda descriptiva completa, mostrando todos los símbolos cartográficos así como las combinaciones de símbolos y separaciones de suelo, incluyendo tipos, fases y complejos .....

.....

(Si la contestación es negativa, explique las medidas tomadas para que éste se realice) .....

.....

.....

¿Informa cada miembro del estudio diariamente los símbolos o combinaciones nuevas que ha usado? .....

Notas de campo: (cómo se llevan, por quiénes, y si son suficientes para el informe de un levantamiento de suelos) .....

.....

.....

Muestras de suelos: ¿Han sido tomadas? ..... Entiende el jefe del levantamiento la toma de muestras de suelo y su importancia? .....

.....

¿Qué medidas se han tomado para dar a las agencias cooperadoras una copia extra del mapa? .....

.....

Dé el nombre del Agente Agrícola del Condado y mencione cualquier organización local especialmente interesada en el estudio y sus resultados .....

.....

.....

¿Qué medidas se toman para obtener de finqueros, agentes de extensión, técnicos planificadores y estaciones experimentales, datos agronómicos de importancia y otras informaciones en relación con la respuesta a manejo de tipos individuales de suelos (y fases)? .....

.....

.....

¿Qué progreso se hace hacia el desarrollo de una tabla de producciones posibles de cultivos adaptables a cada tipo de suelo (y fase) bajo clases de manejo alternativas y físicamente definidas? .....

.....

.....

¿Qué medidas se han tomado para agrupar los suelos de acuerdo con la adapta-

bilidad específica para cultivo, productividad general, peligro de erosión, requerimientos de manejo u otros? .....

.....

.....

.....

Informe: ¿Quién lo preparará? ..... Fecha en que se espera esté completo: ..... ¿Qué progreso se ha alcanzado? .....

.....

.....

Observaciones (recomendaciones dadas a los técnicos de campo, cambios y variaciones de los acuerdos preliminares de trabajo de campo) .....

.....

.....

.....

.....

.....

Firma del Correlator de Suelos

Fecha en que llegó al área ..... Hora .....
Fecha de partida ..... Hora .....

Fecha	*Aprobado por*	*Agencia*
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....

La leyenda de campo la preparan el jefe del levantamiento y el correlator de suelos durante la primera visita del último al área del levantamiento, y a menudo con la ayuda de representantes de las agencias que cooperan; esta leyenda se adjunta al primer informe de la inspección. Debe hacerse en la forma más completa posible, incluyendo una lista de todos los tipos y fases de suelo, así como otras unidades cartográficas y rasgos relacionados que van a ser mostrados en el levantamiento, junto con los símbolos a usar en los mapas. Deben tomarse medidas para la inclusión de tipos de suelo adicionales, fases y otros rasgos no reconocidos durante esta primera visita de inspección. Es necesario tener un gran cuidado con el primer informe de inspección, porque es la guía del jefe del levantamiento para la cartografía de los suelos. Tan pronto como la leyenda de campo está terminada, el jefe del estudio debe proceder con la preparación de la leyenda descriptiva.

Las inspecciones de progreso se efectúan durante la ejecución del trabajo con el fin de fiscalizar lo adecuado y preciso del levanta-

miento así como para revisar con el jefe del levantamiento la leyenda descriptiva de campo y para ayudarle a planificar los estudios suplementarios para pronósticos de producción, agrupaciones de suelo, y el informe del levantamiento de suelos. Además de las visitas, el edafólogo supervisor debe fiscalizar frecuentemente el trabajo para controlar especialmente el desarrollo de la leyenda descriptiva. Lo completo y adecuado de esta leyenda es la única evidencia que, separadamente, muestra lo bien o mal que el jefe del estudio está conduciendo el trabajo; da también una idea clara de su competencia y de su utilidad en cargos de mayor responsabilidad.

La inspección final se hace al terminar el trabajo de levantamiento de los suelos de una área. El levantamiento se revisa cabalmente para que sea adecuado y exacto y se le discute en el campo con el jefe del estudio y los representantes de las agencias cooperadoras. El correlator de suelos también revisa la adaptabilidad de los mapas de campo para compilación cartográfica y su dibujo para publicación, el esbozo detallado y el progreso del informe del levantamiento de suelos y la colección de muestras de suelo. Durante esta misma visita se prepara un memorándum de correlación de campo que se agrega al informe de inspección final. Este incluye una lista de todas las unidades cartográficas y símbolos mostrados en el mapa, junto con recomendaciones para nomenclatura.

Propósito de la correlación

El propósito inmediato de la correlación es asignar nombres a las unidades cartográficas que se mostrarán en los mapas publicados a fin de que estén acordes con la clasificación y nomenclatura general. Por medio de la correlación se llega a la identificación de los suelos del nuevo estudio con suelos similares ya establecidos y denominados y se dan nombres nuevos a aquellos suelos que sea necesario reconocer así. Cada unidad cartográfica recibe una designación apropiada como un tipo, fase, variante o complejo, unidad indiferenciada, tipo misceláneo de tierra o asociación de suelos.

Los resultados de la investigación sobre los suelos y otros aspectos agrícolas y de la experiencia de los agricultores se relacionan con las clases específicas de suelo a través del uso de sus nombres corrientes. Los nombres puramente descriptivos como "franco pardo permeable" ó "suelos grises con capa dura" son totalmente inadecuados para predicciones detalladas. Un gran número de características se combinan para hacer que un suelo sea de cierta clase y por lo tanto cualquier nombre descriptivo adecuado resulta pesado y se sale del alcance de las palabras; lo mismo sucedería si usamos nombres individuales para plantas, animales o gente. No obstante lo anterior, en muchas agrupaciones amplias de suelos se pueden usar nombres descriptivos con ventaja.

Una buena correlación de suelos es esencial para la utilidad del mapa y para las varias agrupaciones interpretativas y clasificaciones de tierras que de él se derivan.

Procedimientos

Campo.—Aunque la preparación de la inspección y el informe de correlación es una responsabilidad del correlator de suelos, es deseable que los representantes de las agencias cooperadoras lo acompañen en sus visitas y revisen el trabajo con él y con el jefe del levantamiento. Esto es primordial en la visita inicial, cuando se está estableciendo la leyenda, y en la inspección final y correlación de campo. Las copias del informe son firmadas por el correlator y los representantes de las agencias que cooperan y son enviadas al correlator principal para su revisión y finalmente se remiten al jefe de correlación de suelos.

El memorándum de correlación de campo incluye la nomenclatura que se recomienda para todas las unidades mostradas en el mapa, la descripción de todas las nuevas series de suelo y las modificaciones sugeridas para series establecidas. En su preparación se estudia cuidadosamente la clasificación establecida, nomenclatura y definición de unidades taxonómicas y unidades cartográficas (grandes grupos de suelos, familias, series, tipos, fases, asociaciones y complejos); cualquier peculiaridad local de las unidades de suelos en el área del levantamiento de suelos; y los datos disponibles del estudio de laboratorio y de campo. Este memorándum lo prepara el correlator, trabajando en conjunto con el jefe del levantamiento y los representantes de agencias cooperadoras. Si es posible, se le prepara junto con el informe de inspección al cual se anexa; pero si se necesita tiempo adicional considerable para estudio suplementario a fin de prepararlo, el informe de inspección debe enviarse de inmediato, fijándose una fecha para la remisión posterior del memorándum de correlación de campo.

Regional.—Después de recibir el memorándum de correlación de campo enviado por el correlator, las muestras de suelo, el mapa, datos importantes de laboratorio y el informe de levantamientos de suelos o la leyenda descriptiva de campo, el correlator principal revisa cuidadosamente y totalmente el memorándum de correlación de campo. Las definiciones propuestas y la nomenclatura sugerida para todas las unidades cartográficas son cuidadosamente revisadas en relación con las definiciones estándar. El o su delegado pueden fijar una conferencia para correlación, a la cual todos los delegados representativos de agencias cooperadoras son invitados. Tal conferencia es necesaria únicamente si pareciera que existen diferencias importantes en la manera de juzgar de los correlatores o entre el correlator y los representantes de agencias cooperadoras. Tales diferencias pueden necesitar estudios de laboratorio adicionales o estudios

de campo conjuntos. Unicamente las diferencias de interpretación de datos pueden ser ajustados en la oficina..

Después de aceptar o modificar las recomendaciones individuales en la correlación de campo, se envían copias del memorándum de correlación sugerido, al jefe del levantamiento y a los representantes de las agencias cooperadoras, incluyendo aquellos que no hubieran podido asistir a la reunión de correlación, con el fin de que lo comenten. Después de considerar toda la evidencia y las sugerencias, el correlator principal envía al correlator jefe quien es el responsable de la nomenclatura a través del país, su memorándum de correlación regional aprobado, junto con copias del memorándum de correlación de campo, exposición de aprobación u objeción de todas las agencias cooperadoras y las razones para cualesquiera diferencias entre los memoranda de correlación de campo y regional. Las descripciones de cualquier nueva serie y las sugerencias, para modificaciones de las definiciones de unidades de suelo existentes se envían junto con muestras de todas las series nuevas o redefinidas.

Final.—El correlator jefe revisa el memorándum regional de correlación de acuerdo con el sistema total de clasificación para todo el país. Lo aprueba o hace algunas modificaciones necesarias para mantener la uniformidad de los patrones en el sistema. Copias del memorándum de correlación aprobado se envían al correlator de suelos principal para sus usos y para transmitirlas a los representantes de agencias cooperadoras. Aún después de que un memorándum de correlación final ha sido aprobado, se pueden proponer enmiendas al correlator o al jefe correlator, sobre la base de nueva evidencia. Estas son manejadas como una correlación original.

A través del progreso del levantamiento de suelos, hasta la salida del mapa o informe manuscrito para publicación, se pueden requerir datos de laboratorio sobre muestras de suelo seleccionadas. Debido a que es costoso obtener estos datos, deben pedirse únicamente cuando sean necesarios para una definición, nomenclatura, clasificación o interpretación apropiadas. No deben aprobarse pedidos irrestrictos de "datos químicos, físicos y mineralógicos sobre suelos del área". Pero cuando una decisión importante depende de las determinaciones particulares, debe hacerse la solicitud de inmediato. Si estos datos van a ser útiles al equipo de campo, al reconocer el problema las muestras apropiadas deben tomarse inmediatamente y se les debe dar prioridad en el laboratorio, de modo que los resultados puedan ser enviados al jefe del levantamiento tan pronto como sea posible. En donde el jefe del levantamiento y el correlator se enfrenten con problemas serios que requieran estudios morfológicos y de laboratorio extensivos, deben establecerse proyectos especiales de investigación en cooperación con el laboratorio, para estudio e interpretación conjunta de los resultados.

AGRUPAMIENTO DE SUELOS EN EL MAPA

Considerando que un mapa detallado de suelos moderno de una área requiere reconocer desde 75 hasta 200 diferentes clases de suelos: tipos, fases, complejos y variantes para mostrar las condiciones significativamente diferentes, es necesario agrupar los suelos en varias formas con el fin de hacer más claras sus similitudes, sus diferentes potencialidades de uso y requerimientos de manejo.

Las agrupaciones de suelos se hacen para diversos y numerosos propósitos. Las que tienen relación con el uso del suelo y su manejo se tratan en la sección Pronósticos de Producción y Prácticas de Manejo de Suelos; en la sección sobre el Informe del Levantamiento de Suelos se tratan ejemplos acerca de agrupaciones de suelos. Las unidades taxonómicas se tratan en la sección de Unidades para la Clasificación y Cartografía de Suelos. No sería práctico describir en este libro el sinnúmero de agrupaciones que se usan en los variados programas científicos, educacionales y de servicio.

En esta sección se trata principalmente acerca del uso de colores en los mapas para distinguir entre las agrupaciones de suelos. El uso de colores para las agrupaciones de suelos permite establecer dos órdenes de líneas de suelos —1º) de una sola línea y 2º) línea y cambio de color— y presentar un mapa en donde los caracteres de índole más importante se muestren por medio de cambios de color, mientras que los demás detalles se enseñan por medio de líneas y símbolos. Por lo demás, sería inadecuado mostrar o tratar de mostrar cada unidad cartográfica por medio de un color diferente ya que esto traería grandes problemas mecánicos y costos enormes.

No todos los mapas de suelos se imprimen en colores, en parte debido al costo. Desde luego es posible, utilizando líneas claras y símbolos en blanco y negro leer toda la información de un mapa. El color ayuda en la lectura, en la diferenciación de una área de otra y especialmente en la lectura a grandes rasgos ya que se pueden apreciar en forma generalizada los grupos de suelos más importantes en relación con otros rasgos físicos y culturales. Los mapas de suelos sin colores pueden ser coloreados por quien utiliza el mapa en una

forma más bien fácil ya sea de acuerdo con la leyenda del mapa o en cualquier otra forma que le sea más útil. En realidad es tan grande el número útil de agrupaciones que se pueden hacer, que un buen número de quienes emplean los mapas de suelos encuentran útil tener varios mapas de la misma área coloreados en forma diferente que ayude a destacar conjuntos diferentes de relaciones e interpretaciones. En la impresión de mapas de suelos, siempre es conveniente pedir un número adecuado de copias no coloreadas para este propósito.

Las agrupaciones coloreadas de los mapas se hacen sobre todo para ayudar al máximo a los lectores. Para alcanzar este objetivo, sus formas varían de área a área.

La agrupación que se basa en las características edáficas que determinan requerimientos de manejo es generalmente la más útil. En levantamientos de suelos en donde se necesitan más de 15 de estos grupos, puede ser necesario utilizar una agrupación más amplia, acorde con la utilizada en el texto del informe del levantamiento suelos. Corrientemente se pueden utilizar en un mapa de 10 a 15 colores individuales o combinaciones de colores. Cuando el valor del mapa puede aumentarse notablemente por medio del uso de más colores, estos pueden imprimirse a un costo adicional.

En algunos levantamientos de suelos las agrupaciones coloreadas basadas en características que determinan requerimientos de manejo pueden también indicar interpretaciones de capacidad de uso de la tierra, con subgrupos interpretables en términos de manejo de suelos. Las ventajas de tales agrupaciones, sin embargo, se ven parcialmente neutralizadas por la posibilidad de que se vuelven anticuadas en el futuro. Los sistemas de cultivo y los cultivos individuales varían ampliamente en sus adaptabilidades a tipos y fases de suelo. Con esto se quiere decir que aún hay grandes contrastes entre los suelos colocados en una clase llamada "altamente productiva" o "clase 1". Por estas razones es que las agrupaciones coloreadas deben basarse en características más o menos fijas. Sin embargo, si las agrupaciones coloreadas basadas en características de suelos son muy diferente a las agrupaciones interpretativas ya establecidas en el reporte, el mapa pierde legibilidad para el lego.

Se deben desarrollar muchas relaciones entre los suelos. En algunas regiones otras agrupaciones coloreadas basadas en características del suelo pueden dar el máximo de legibilidad del mapa aún cuando no sean directamente interpretables en términos de capacidades de uso de la tierra o requerimientos de manejo del suelo. En algunas de estas regiones, las agrupaciones de los suelos en consideración de sus requerimientos de manejo y en especial de sus capacidades de uso, pueden conducir a resultados errados.

En vista de que muchos consejeros agrícolas y granjeros utilizan los mapas de suelos, es preferible hacer los grupos coloreadas de acuerdo con una interpretación adecuada en cuanto a manejo

del suelo, siempre que tales agrupaciones no confundan al lector inmediatamente después de publicado el mapa o corto tiempo después de su publicación. Como las condiciones son tan variables no se puede establecer una regla general que vaya más allá de la regla básica de ayudar a la gente a leer y comprender el mapa en una forma tan clara como sea posible.

Como orientación general debe decirse que suelos similares en características comunes que influencian su uso deben colocarse en un grupo que aparecerá en el mapa con un solo color. Siempre que sea posible, deben evitarse agrupar en el mapa suelos bajo un solo color cuando hay la posibilidad de que características diferentes los hagan 1º) diferentes en cuanto a los usos mayores: bosque, pastoreo o cosechas que requieran labranza; 2º) utilizables para cultivos muy diferentes; o 3º) requerir prácticas de manejo muy diferentes. Por ejemplo, los suelos pobremente drenados no deben mostrarse nunca con el mismo color de suelos bien drenados, o suelos fuertemente pendientes, con el mismo color que suelos de pendientes suaves, o suelos poco profundos junto con suelos profundos. Sin embargo, se pueden hacer excepciones en el caso de grupos de suelos con una o más características desfavorables para agricultura que los haga imposibles de arar. Por ejemplo, varias tierras misceláneas pueden combinarse y mostrarse en el mapa bajo un solo color. Desde luego y a pesar de esto, cada unidad tendrá un símbolo particular para identificación específica.

La agrupación de los suelos en 5 clases amplias de capacidad de uso es muy útil: primera, segunda y tercera clases de tierra para cultivos que requieran escardas, tierra de cuarta clase para pastos y de quinta clase para bosque.. Estas clases pueden luego subdividirse en grupos de acuerdo con las características de que determinen sus requerimientos de manejo. Debe recordarse que no se pueden establecer grupos homogéneos con respecto a todos los factores importantes en el manejo y uso del suelo. Unicamente el tipo o fase individual de suelo lleva toda la información disponible. El coloreo de los mapas de acuerdo con estos principios tiene dos desventajas bien claras: 1) Algunas de las personas que usan los mapas se inclinan a aceptar la agrupación en colores como unidades homogéneas, ignorando así las diferencias importantes entre suelos mostrados con el mismo color; y 2) cualquier tipo de agrupación que se use, aún cuando haga fácil la observación de las relaciones para las cuales se ha creado, hace difícil ver otras relaciones que puedan ser igualmente importantes.

Las agrupaciones usadas en el mapa de suelos deben de ser acordes aunque no necesariamente idénticas, con las agrupaciones usadas en el informe de levantamiento de suelos. A menudo es necesario usar varias agrupaciones en el informe, muchas de las cuales son más detalladas de lo que puede serlo la leyenda del mapa. Por esta razón, entre otras, es muy importante que el informe del levan-

tamiento de suelos sea esbozado con bastante detalle cuando se termina el trabajo de campo y antes de proceder a la correlación y preparación del mapa de suelos. Los grupos de uso y manejo en el informe deben hacerse en tal forma que no impliquen una superposición de dos o más grupos de colores mostrados en el mapa. Con esto se quiere decir que cuando los grupos de color para las clases de manejo se muestran en el mapa, cada uno debe consistir de uno o más grupos completos de manejo y no de parte de varios de ellos.

Cada grupo de suelos con un color en el mapa debe recibir un nombre local descripitivo, que indique a quien use el mapa, las bases sobre las cuales los varios grupos fueron puestos bajo un mismo color. Los nombres de los grupos pueden ser por ejemplo, "Suelos profundos, bien drenados, de pendientes suaves, y textura media desarrollados de "till" glacial o de arenas sueltas, profundas". No es práctico intentar la estandarización de estos nombres connotativos para regiones muy grandes o para Estados. Cuando ello se intenta, se llega a nombres muy largos, a una excesiva simplificación o al uso incorrecto de términos edáficos. Dentro de un área, generalmente pueden crearse nombres apropiados ya que el número de suelos con los cuales se trata es relativamente pequeño y las características que tienen en común pueden omitirse de los nombres y destacarse más bien de los contrastes locales.

Los nombres de los grupos deben indicar lo que distingue cada grupo de los otros, sin que sea necesario incluir todas las características importantes de cada grupo, lo cual en todo caso no se podría conseguir con ningún nombre connotativo. En determinada área, por ejemplo, un grupo de "Suelos muy pendiente" puede distinguirse de todos los demás grupos por sus fuertes pendientes. En tal caso no es necesario denominar este grupo como "Suelos pendientes, de textura media, con drenaje de bueno a excesivo, con profundidad de superficial a moderada, desarrollados de areniscas o materiales esquistosos".

Es importante que el nombre indique las exclusividades mutuas de los suelos en los diversos grupos. Por ejemplo, dos grupos cuyo nombre sea "Suelos con drenaje pobre a imperfecto, con subsuelo lentamente permeable" y "Suelos oscuros pobremente drenados con subsuelo lentamente permeable", no se excluyen mutuamente. Cada uno de ellos puede abarcar suelos pobremente drenados con subsuelos lentamente permeables. Aún más, todos los suelos que tengan las características expresadas en el nombre del grupo deben incluirse. Por ejemplo, si un grupo se denomina "Suelos oscuros pobremente drenados con subsuelos lentamente permeables", no se debe incluir ningún suelo con estas características en otro grupo.

Las descripciones totales de cada unidad cartográfica, arregladas en forma esquemática en una tarjeta u hoja, facilita el desarrollo de las agrupaciones. Pueden fácilmente probarse varios esquemas alternativos. Sobre todo es importante que se use una base consistente de modo que cada suelo pueda fácilmente caer en algún grupo.

No pueden usarse como títulos principales "Suelos arenosos", Suelos pobremente drenados" y "Suelos casi a nivel" ya que no habría un grupo en donde se pudiera incluir con claridad un suelo arenoso a nivel y pobremente drenado (1).

A continuación se incluyen tres ejemplos de esquemas para la agrupación por color en los mapas de las unidades cartográficas:

Levantamiento de Suelos del Condado de Roane, Tennesse:

Suelos de Primera clase:
- Tierras altas
- Tierras de fondo

Suelos de Segunda clase:
- Tierras altas
- Terrazas
- Pendientes coluviales
- Tierras de fondo

Suelos de Tercera clase:
- Tierras altas (sobre areniscas y esquistos)
- Tierras altas (sobre calizas)
- Pendientes coluviales
- Tierras de fondo
- Terrazas

Suelos de Cuarta clase:
- Terrazas
- Tierras altas
- Tierras de fondo

Suelos de Quinta clase:
- Tierras altas (sobre calizas)
- Tierras altas (sobre arenisca y esquistos)

Levantamientos de suelos del Condado de Greinger, Tennessee:

Suelos de tierras altas onduladas y quebradas derivadas de calizas relativamente puras.

Suelos de tierras altas onduladas y quebradas derivadas de caliza silícea o pedernalina.

Suelos de tierras altas onduladas y quebradas derivadas de calizas altamente arcillosas.

Suelos de tierras altas onduladas y quebradas derivadas de calizas y esquistos mezclados.

Suelos de tierras altas onduladas y quebradas derivadas de esquistos ácidos.

Suelos de tierras altas, colinas derivadas de calizas cuarzosas.

---

(1) El finado Dr. C. F. Marbut a menudo se refería a estas agrupaciones inconsistentes con un ejemplo referente a casas: "Casas pequeñas, casas rojas y casas de ladrillo".

Suelos de tierras altas, derivadas de calizas relativamente puras.
Suelos de tierras altas, pendientes y muy pendientes, derivadas de calizas y esquistos alternados.
Suelos de tierras altas, colinas y pendientes, derivadas de esquistos ácidos.
Suelos de tierras altas, colinas y pendientes, derivados de areniscas y esquistos alternados.
Suelos de tierras altas pendientes derivados de calizas cuarzosas.
Suelos coluviales, de pendientes relativamente suaves.
Suelos coluviales de pendiente más pronunciadas.
Suelos de terrazas onduladas a pendientes.
Suelos de terraza, de pendientes a fuertemente pendientes.
Suelos bien drenados, de los fondos primarios o depresiones.
Suelos imperfectamente drenados de los fondos primarios o depresiones.
Suelos pobremente drenados de los fondos primarios, depresiones o terrazas.
Tipos de tierras pedregosas, irregulares o con cárcavas.

Levantamientos de suelos del Area de Casa Grande, Arizona:

Suelos muy apropiados para riego:
Pesados y friables; sin acumulaciones de cal.
Pesados y friables; sin acumulaciones de cal (duro sobre subsuelo)
Texturas ligeras a medias; sin acumulaciones de cal.
Suelos moderadamente apropiados para riego:
Acumulaciones ligeras de cal
Acumulaciones moderadas de cal
Capa de cal dura y nodulada de una capa dura (hardpan) fragmentada.
Suelos que requieren manejo especial bajo riego:
Suelos pesados, compactos, más o menos salinos.
Textura pesada, subsuelo calcáreo compacto.
Hardpan calcáreo fragmentado.
Arenoso y poroso.
Arenoso y suelto.
Inundado frecuentemente.
Hardpan calcáreo.
Como Solonetz (álcali)
Como Solonetz con capa dura (hardpan) calcárea.
Suelos definitivamente inapropiados para riego:
Muy erodado.
Tipos misceláneos de tierras.
Concentraciones de sales y álcali.

EL INFORME DEL LEVANTAMIENTO DE SUELOS

Un levantamiento de suelos completo comprende el mapa de suelos y un texto o informe en el que se describen las clases de suelos mostradas en el mapa y en donde se sumariza lo que acerca de ellos se conoce. En el informe se interpretan los resultados de la investigación agrícola en términos de clase de suelo. En cierto sentido, el informe une el laboratorio, el lote experimental y la granja experimental a los lotes individuales de tierra del área comprendida en el levantamiento.

Para que los agricultores, consejeros agrícolas y otras personas puedan utilizar a cabalidad el mapa de suelos, se dan las características, respuestas a manejo y capacidades de uso de cada una de las unidades cartográficas usadas. En la leyenda del mapa únicamente es posible incluir, en el mejor de los casos, una fracción muy pequeña de la información pertinente.

La mayor parte de los informes de levantamiento de suelos está destinada, en primer lugar, a quienes utilizan los mapas con fines agrícolas. Cuando se usa una clasificación científica básica de los suelos, pueden hacerse también muchas otras interpretaciones útiles, aunque cualquier interpretación no agrícola usualmente se puede tratar mejor en otro informe especial diferente del que se destina para usos agrícolas.

Los propósitos del informe son: 1) poner a disposición de las personas que deben decidir acerca del manejo de los suelos, toda la información específica que es significativa para el uso y comportamiento de cada clase de suelo y 2) proveer las descripciones de las unidades cartográficas que permitan interpretarlas en función de aquellos propósitos que requieran conocer los hechos fundamentales acerca de los suelos. El primer propósito se alcanza más adecuadamente con la presentación de pronósticos de los rendimientos que se esperan para cada clase de suelo bajo conjuntos específicos de práctica de manejo, junto con predicciones de los cultivos adaptables y las prácticas requeridas para una producción óptima sostenida. Debe recordarse que las descripciones de las unidades cartográficas deben

hacerse en términos objetivos de manera que el levantamiento pueda ser interpretado para varios propósitos, algunos de los cuales puede que ni siquiera sean vislumbrados por sus escritores en el momento de hacer el informe. Además, los datos importantes acerca del clima, fisiografía, geología, uso de la tierra, agricultura e instalaciones públicas deben incluírse hasta donde ellos influencien el uso y manejo de los suelos. Las discusiones acerca del uso de la tierra, sistemas agrícolas, silvicultura, pastoreo, control de la erosión, drenaje, riego, control de salinidad, fertilización, etc., deben hacer resaltar las relaciones específicas con suelos individuales o grupos especiales de suelos. Las discusiones generales de tales temas, sin embargo, están completamente fuera de lugar cuando no tiene relación con las unidades que se muestran en el mapa. En vista de que el levantamiento de suelos básico sirve muchos propósitos, los que sean de importancia para el área específica levantada, deben revisarse antes de preparar el informe, de modo que reciban el énfasis adecuado.

Para cada unidad cartográfica se necesitan tres conjuntos básicos de valores: 1) Las características observables del suelo como cuerpo natural; 2) las cualidades inferidas: productividad, fertilidad, erosionabilidad, drenaje, etc.; y 3) los pronósticos de rendimiento de los cultivos adaptados, bajo conjuntos definidos y alternativos de prácticas de manejo.

Los datos necesarios para desarrollar estos conjuntos de valores provienen de tres fuentes principales: 1) De las observaciones de los suelos en el campo y de sus muestras en el laboratorio, en relación con la vegetación, relieve, formación geológica y uso actual; 2) de la síntesis de los datos obtenidos en otros suelos e investigación agrícola realizada en los mismos suelos o en suelos similares, incluyendo la adaptabilidad de varios cultivos y variedades de cultivos, respuestas al encalado y la fertilización, la cantidad de escorrentia y erosión bajo tratamientos diferentes, respuesta a drenaje y riego, etc.; y 3) del análisis de la experiencia obtenida en las fincas para hallar los rendimientos obtenidos por los operadores bajo los diferentes sistemas de manejo empleados y sus efectos sobre la productividad del suelo.

Muchos de los datos y pronósticos deben ser reunidos en tablas con el fin de que puedan ser consultados rápida y convenientemente por los lectores sin tiempo y que hagan resaltar las relaciones y contrastes entre los suelos. Es mejor completar estas tablas antes de escribir para el informe de las descripciones finales de los suelos individuales, ya que ellas son muy útiles como listas de control para evitar omisiones en el texto de hechos importantes que acerca de los suelos individuales deban ser incluídos. Es una buena práctica sistematizar la preparación de las descripciones de suelos y las tablas por medio del uso de un conjunto de tarjetas, una para cada suelo, en la cual se enlistan todos los puntos estándar necesarios. Estas tarjetas pueden arreglarse en grupos de acuerdo con los requerimientos de

manejo de los suelos, la capacidad de uso, respuesta al encalado, o de acuerdo con cualquier base útil. De estas tarjetas es fácil extraer descripciones generales de los diversos grupos.

El texto debe prepararse teniendo en mente la conveniencia de los lectores, la mayoría de los cuales no son especialistas en suelos. Debe ser directo y simple; es mejor usar en términos concretos que términos abstractos y los planteos positivos son mejores que los negativos. Cuando la claridad de un planteo requiere el uso de términos técnicos, estos deben definirse.

Algunos excelentes levantamientos de suelos por todo lo demás, han perdido efectividad debido a un estilo de escribir difícil (1). El escritor debe tener su material completamente claro en la mente y luego lo debe escribir tan simple como sea posible. Las frases largas, con el sujeto profundamente enterrado, aburren y hasta confunden al lector. Cuando se pueda ser claro sin recurrir a términos técnicos no familiares, ellos deben evitarse; también deben evitarse palabras largas no usadas en el lenguaje diario. En los escritos surgen más dificultades del uso de palabras inusuales no técnicas, que el escritor no comprende bien, que de las palabras técnicas que él sí comprende.

La buena escritura requiere mucho trabajo y revisión; suena bien cuando se la lee en voz alta. El escritor debe recordar que muchos de sus lectores potenciales harán a un lado su trabajo después de haber leído unas pocas frases largas y enmarañadas, que son las que se deben combatir, centímetro a centímetro. Debe recordarse que ningún científico ha ganado buen nombre por medio de su escritura "erudita" (sin embargo, algunos lo han conseguido a pesar de ella).

---

(1) Casi todos los escritores necesitan algunas ayudas para poder escribir, las cuales incluyen un diccionario y uno o más libros de gramática, puntuación y composición. Los autores no desean hacer recomendaciones específicas, ya que las necesidades de los individuos son muy variables. Los siguientes libros son sólo una lista que sugiere de los que pueden ser útiles a muchos edafólogos:

GOWERS, ERNEST, PLAIN WORDS: A GUIDE TO THE USE OF ENGLISH. 94 pp. London, 1948.

HALL, MILTON, GETTING YOUR IDEAS ACROSS THROUGH WRITING, U. S. Fed. Sec. Agency Training Manual Nº 7. 44 pp. Washington, 1950.

ROBERTS, C. W., HARRIS, J. W. and JOHNSON, W. G. A HANDBOOK OF ENGLISH. 292 pp. New York, 1944.

UNIVERSITY OF CHICAGO PRESS. A MANUAL OF STYLE. Ed. 11, 497 p.p., illus. 1949.

WOOD, G. W. SUGGESTIONS TO AUTHORS OF PAPERS SUBMITTED FOR PUBLICATION BY THE UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY, WITH DIRECTIONS TO TYPISTS. U. S. Dept. Int. Ed. 4. Rev. by B. H. Lane), 126 pp. Washington, 1935.

WOOLLEY, E. C., SCOTT, F. W. and BERDAHL, E. T. COLLEGE HANDBOOK OF COMPOSITION. Ed. 4, 452 pp. Boston, 1944.

Forma del Informe

La forma del informe depende del uso que se le anticipe y de quienes lo vayan a utilizar, así como de la información disponible.

La cantidad y clase de información disponible, además de la obtenida por el equipo de estudio mismo, varía ampliamente de región a región. En todas las zonas, se consigue, por lo menos, alguna información suplementaria acerca de los suelos. Además, los principios básicos de las relaciones suelo-planta-manejo explicadas en la literatura científica del mundo, pueden ser interpretados por científicos calificados, en relación con clases de suelos específicas. En algunas zonas de estudio, se dispone de un cuerpo de información potencial en los resultados de la investigación agrícola y de la experiencia de los finqueros. Es por esto que, aunque se discuten en los informes de áreas diversas puntos similares, la forma mejor de presentación varía entre ellas.

La forma del informe depende también del uso a que se desea destinar, así como de sus posibles utilizadores. En algunas regiones se puede esperar que sean muy pocos los agricultores que lo lean y se puede asumir que serán agrónomos profesionales quienes harán la interpretación para esos agricultores. Lo corriente es que hayan muy pocos edafólogos entrenados disponibles para este trabajo de asesoramiento y finalmente los informes de los levantamientos de suelos son interpretados por gente que no tiene entrenamiento formal en edafología o la tiene en grado muy escaso. En las zonas con una población rural altamente educada puede esperarse que el estudio sea usado directamente por una gran cantidad de agricultores, además del uso indirecto a través de consejeros y técnicos agrícolas. Para estas áreas la mayor parte del informe, debe ser clara para cualquiera que tenga un entrenamiento general en agricultura, sin que sea necesaria ninguna interpretación posterior por medio de edafólogos. Las partes del informe esenciales para entender el uso del mapa de suelos deben ser claras para aquellas personas que puedan leer literatura agrícola. La utilidad del informe para edafólogos profesionales, no debe en forma alguna sufrir por motivos de los requerimientos anteriores. Los datos básicos que ellos necesitan para comparar los suelos de una zona con los de otra, se pueden incluir en una sección separada o en un apéndice.

Ocasionalmente será posible publicar un boletín técnico dedicado principalmente a la clasificación y génesis del suelo, además del que trate principalmente de las interpretaciones acerca del uso y manejo del suelo. Sin embargo, tales boletines se organizan generalmente más fácilmente para regiones más grandes que las que son cubiertas por los levantamientos detallados de suelos (2).

---

(2) Un ejemplo excelente de una discusión técnica al respecto se encuentra en: SMITH, GUY D., ALLAWAY, W. H., and RIECKEN, F. F. PRAIRIE SOILS OF THE UPPER MISSISSIPPI VALLEY. Advances in Agronomy 2: 157-205, 1950.

Contenido del Informe

Todo informe de un levantamiento detallado básico de suelos, debe incluir lo siguiente:

1º) Una explicación de cómo usar el mapa de suelos y el informe del levantamiento.
2º) Tabla de contenido.
3º) Descripción general del área.
4º) Descripción de las unidades cartográficas de suelos que se muestran en el mapa, suplementada de esta descripción con tablas que muestren sus características y relaciones.
5º) Pronósticos de los posibles rendimientos de los cultivos comunes del área para todos los suelos descritos cartografiados, cuando se les cultive bajo conjuntos de prácticas agronómicas definidas. Estos pronósticos deben suplir la información básica para elaborar presupuestos de producción de fincas, cuando se utilizan las prácticas corrientes de manejo de suelos.
6º) Explicaciones de los problemas de manejo de cada suelo, con énfasis especial en cómo las características del suelo influyen en los problemas y en sus soluciones.

Esta lista no es una minuta del informe; y sólo presenta los requerimientos mínimos. Para áreas específicas debe incluirse información adicional, de acuerdo con las condiciones locales.

A continuación se hace un resumen de lo que esencialmente se debe incluir bajo los tópicos enumerados.

Explicación de cómo usar el mapa de suelos y el informe del levantamiento.— En esta sección se le explica al lector cómo localizar una finca o campo en el mapa. Se le dice la escala del mapa y los símbolos de los rasgos que él puede apreciar sobre el terreno. Se explica todo aquello que beneficie la localización. Se le dice al lector cómo determinar los suelos que hay en la finca o área de interés localizada y cómo obtener en el informe información específica acerca de ellas. Finalmente se mencionan los otros tópicos del informe relacionados con el interés de los diversos grupos de lectores.

Muchos informes detallados de suelos podrían con ventaja, incluir una explicación de cómo usar el mapa de suelos y las tablas de rendimiento estimado de los cultivos, así como los requerimientos para planificar fincas incluyendo presupuestos de producción (3).

Tabla de contenido.—Además de servir como esbozo, el propósito principal de la Tabla de Contenido es el de ayudar al lector a encontrar en el informe temas específicos. Debe ser suficientemente detallada para que en él aparezca el nombre de cada unidad cartográfica.

---

(3) Véase el trabajo de BLACK, JOHN D., et al. mencionado en la Bibliografía general.

Descripción general del área.—Esta sección debe dar en forma breve, los hechos más importantes acerca del clima, fisiografía, geografía, geología, uso de la tierra, agricultura, instalaciones públicas, población e historia en lo que se relaciona con los suelos y su uso y manejo. Los lectores no relacionados con el área estudiada encontrarán muy útil esta sección. Para muchas zonas la mayor parte de la información se puede resumir por medio de tablas. La información acerca de geología y geomorfología puede presentarse por medio de dibujos esquemáticos. los cuales son de gran ayuda. Por otro lado, parte de lo sugerido aquí, puede incluirse en otras secciones relacionadas y parte en un apéndice.

El siguiente bosquejo sugiere cómo presentar esta información.

Geografía y agricultura del Condado de Blank (título principal).

A. Fisiografía y drenaje (título secundario).

1. Descripción resumida de la fisiografía, geología, relieve, elevación y drenaje. Si el área tiene dos o más divisiones fisiográficas definidas, deben describirse dando los suelos principales de cada una. Un corte o un mapa simple de éstas puede ser muy útil.

B. Clima (título secundario).

1. Resumen de las características principales del clima, mencionando cómo el clima ha afectado la formación del suelo y la agricultura.

2. Tablas estándar de datos climáticos provenientes de la Oficina de Climatología de los Estados Unidos, mostrando la temperatura, precipitación y la estación libre de escarcha. Como suplemento se debe incluir solamente la discusión necesaria para tratar los hechos importantes no mostrados en las tablas. Tales hechos pueden ser:

a. Frecuencia y severidad de sequías, períodos detrimentales demasiado húmedos e inundaciones.

b. Forma e intensidad de la precipitación: lluvia, nieve, granizo y chaparrones.

c. Extensión del período de apacentamiento.

d. Variaciones locales del clima debidas a factores tales como: altura, corrientes de aire, exposición y proximidad a lagos.

e. Vientos, tornados, insolación y humedad.

Cuando cualquiera de estas condiciones climáticas tiene un efecto especial sobre la agricultura de la zona, ello debe ser destacado al discutirlo.

C. Suministro de agua (título secundario).

Descríbase las fuentes principales de abastecimiento de agua para uso doméstico, ganado y riego.

D. Vegetación (título secundario).

Breve discusión de la vegetación, mencionando los tipos en relación con los suelos. Dense los datos principales acerca de la distribución de los bosques, tierras de pastoreo y matorrales desérticos antes de la colonización y en el presente. Si la vida silvestre es importante, discútase aquí si así fuere; el título de la sección sería: "Vegetación y Vida silvestre".

E. Colonización y población (título secundario).

Dense algunos de los hechos sobresalientes sobre la colonización de la zona, su desarrollo agrícola e industrial y su población. Dese la población actual (último censo), los aspectos importantes acerca de su distribución geográfica y su distribución en granjas, rural no agrícola, y grupos urbanos. Dense los nombres de los pueblos importantes y sus poblaciones respectivas.

F. Industrias (título secundario).

1. Clases de industrias incuyendo las extractivas.
2. Localización.
3. Efecto de las industrias sobre la población agrícola y rural.

G. Transporte y mercados (título secundario).

1. Ferrocarrilas, camiones, autobuses, líneas aéreas y de vapores.
2. Carreteras, carácter y condición.
3. Servicio de transporte en relación con la agricultura y en particular con respecto a la geografía de los suelos.
4. Mercados para los productos de la región —subastas, fábricas, frigoríficos, plantas de enlatado y dónde se embarcan.

H. Instalaciones comunales (título secundario).

Discútase por regiones naturales, si es posible: Escuelas, iglesias, hospitales, clínicas, librerías, teléfonos, electrificación, facilidades de recreación y otras características relacionadas con la vida rural.

I. Agricultura.

1. Uso de la tierra (título de tercer orden).

a. Area total destinada a fincas, número de fincas, tierra mejorada por finca, todo de acuerdo con el último censo.

b. Clasificación de las fincas por tamaño de acuerdo con el último censo, y porcentaje de tierra en cada grupo de fincas por tamaño, en donde sea posible.

c. Tendencias recientes importantes en el uso de la tierra, si es que las ha habido, como: de bosque a cultivos agrícolas o pastos, de cultivos agrícolas a pasto o viceversa, o de cultivos escardados a cultivos de crecimiento denso.

d. Uso presente de las tierras en las fincas, de acuerdo con el último censo: tierras de cutivo, tierras de pastoreo, áreas boscosas maderables y otras.

2. Cultivos (título de tercer orden).

a. Tabla del último censo dando la extensión y producción de los principales cultivos.

b. Para cada cultivo principal ,incluyendo cultivos henificables y pastos en rotación:

1) Importantes tendencias recientes en cuanto a extensión y razones para los cambios, si se conocen.

2) Distribución en relación a los suelos.

3) Prácticas de cultivo; fechas de cultivos y métodos de siembra y cosecha; prácticas de almacenamiento.

4) Utilización del cultivo: dado como alimento en la finca, vendido o consumido por la familia.

3. Pastos permanentes (título de tercer orden).

a. Distribución general relacionada con los suelos, en forma breve.

b. Principales plantas forrajeras.

c. Tendencias significativas en cuanto al área total y razones para ello..

4. Ganado y productos derivados de la ganadería (título de tercer orden).

a.Tabla del último censo, en la que se dé el número de las clases principales de ganado, excepto el ganado de trabajo, y cantidades de productos pecuarios vendidos.

b. Para clase principal de ganado.

1) Distribución en relación con los suelos.

2) Razas principales.

3) Gordo, criado en la finca o comprado para ceba.

4) Destino que se da al ganado y a los productos pecuarios.

5. Energía de que disponen las fincas y equipo mecánico (título de tercer orden).

a) Animales de trabajo.

1) Número total de acuerdo con las clases (censo); tendencias significativas.

2) Promedio por finca.

b. Tractores y camiones.

c. Implementos de cultivo.

d. Otros equipos mecánicos.

6. Tipos de fincas (título de tercer orden).

a. Número de cada tipo tal como está clasificado en el censo.

b. Relaciónese la distribución de los tipos de fincas principales con los suelos.

7. Tenencia de la tierra (Título de tercer orden).

a. Porcentajes de fincas operadas por propietarios, administradores y arrendatarios (censo).

b. Sistemas de tenencia.

1) Porcentaje de fincas alquiladas por dinero efectivo; alquiladas por parte de las cosechas (censo).

2) Establézcase brevemente pero con claridad los sistemas prevalentes de alquiler de fincas, cuando ellos no sean el de alquiler en dinero efectivo.

3) ¿Existe alguna relación con los suelos?

8. Edificios rurales y comodidades en los hogares rurales (título de tercer orden). Si es posible, establézcanse relaciones con los suelos.

Descripciones de las unidades cartográficas individuales mostradas en el mapa.—La descripción de las unidades de suelos individuales mostradas en el mapa es una de las características básicas de cualquier informe. La leyenda del mapa en sí sólo puede incluir un símbolo de identificación o "coletilla" para las varias clases de suelo. Según sea la clase de personas a cuyo uso se destina el informe, se usan descripciones narrativas, descripciones totales, dibujos esquemáticos y fotografías, o una combinación.

En muchos informes esta sección comienza con una explicación de las diferencias entre los suelos y con una descripción general de los suelos y las zonas donde se encuentran. Cada vez que en el informe se mencione una unidad cartográfica ya sea en cuadros o en títulos descriptivos, es útil incluir también el símbolo correspondiente usado en el mapa.

En la organización del informe, parte del material sobre problemas de manejo a menudo se combina con la descripción de las

unidades cartográficas. Esta disposición permite el mínimo esfuerzo para encontrar la información sobre cualquier suelo particular y facilita, además, el uso del informe a aquellos interesados en unos pocos suelos de los mostrados en el mapa. A continuación se sugiere la forma cómo introducir estas descripciones:

Los suelos del Condado de Blank, su uso y manejo

(título principal):

Al comienzo de esta sección normalmente se insertan tres cuadros. En el primero se muestra el hectareaje de los suelos del Condado (en este *Manual* no se da ejemplo de este cuadro); en el segundo se incluyen algunas de las características más importantes de los suelos (véase la Muestra del cuadro A, pág. 543); y en el tercero se da la posición, material originario y características del perfil (véase la Muestra del cuadro B). Como ayuda adicional generalmente se agregan una o más ilustraciones, como diagramas de la relación entre los suelos y los materiales originarios y la topografía, que contribuyan a ver las relaciones entre las principales clases de suelos (fig. 55).

Después de este material introductorio se describen los suelos individuales cartografiados, en orden alfabético, según los nombres de las **series.** En el texto debe describirse en primer lugar el tipo más extensivo o importante, seguido ordenadamente por los demás tipos. El primer tipo, o fase de un tipo, debe describirse en detalle pero no así los tipos y fases de menor importancia, cuya naturaleza se de a conocer haciendo referencia simplemente a los otros. Los Tipos Misceláneos de tierras deben describirse en secuencia alfabética junto con las series y tipos. Por ejemplo, la Tierra Quebrada escarpada, se incluirá junto con las series cuyos nombres empiecen por "T".

MUESTRA DE CUADRO A

CUADRO Nº .... SUELOS DEL CONDADO BLANK: ALGUNAS CARACTERISTICAS IMPORTANTES

Símbolos en el mapa	Suelo	Límites dominantes de pendiente	Drenaje a través del suelo (1)	Ocurrencia de capas freáticas altas (2)	Capacidad de suministro de humedad (3)	Capa limitante de penetración de raíces (si la hay) (4)	Profundidad hasta la capa limitante de penet. rad. (5)	Peligro de erosión (6)	Fertilidad natural (7)	Problemas especiales de manejo del suelo (8)
(Para ser llenado por el editor)	Arena Lakeland	Por ciento 3 - 8	Rápido	Ninguna	Baja	Ninguna	—	Ligero	Baja	Mantenimiento de fertilidad

(1) Si no hay nivel freático alto informe así: No hay, muy bajo, bajo, medio, rápido o muy rápido.

(2) Informe en términos apropiados: Ninguna, intermitente, en invierno, etc.

(3) Refiérase a la capacidad relativa del suelo para tomar y almacenar humedad en cantidades favorables para la mayoría de las plantas de cultivo. Refleja: pendiente, capacidad de infiltración, retención de humedad y profundidad del suelo. Informe como: Muy alta, alta, buena, regular, baja o muy baja.

(4) Capa que impide la penetración de las raíces de muchas plantas de cultivo, aun si no sufre a causa de una capa freática alta o si es mantenida húmeda, como por ejemplo por riego. Informe como: Roca, capa endurecida, grava, caliche, etc.

(5) Informe como: Muy poco profundo, poco profundo, moderadamente profundo, profundo o muy profundo. (Ver clases de profundidad, pág. 377).

(6) Informe como: Ninguno, ligero, moderado, alto o muy alto, o ninguno o ligero, moderado o alto.

(7) Informe como: Bajo, moderadamente bajo, moderado, moderadamente alto, alto.

(8) Incluye: Presencia de sales alcalis, riesgo de inundación, necesidad de drenaje artificial, mantenimiento de buenas condiciones de labranza, etc.

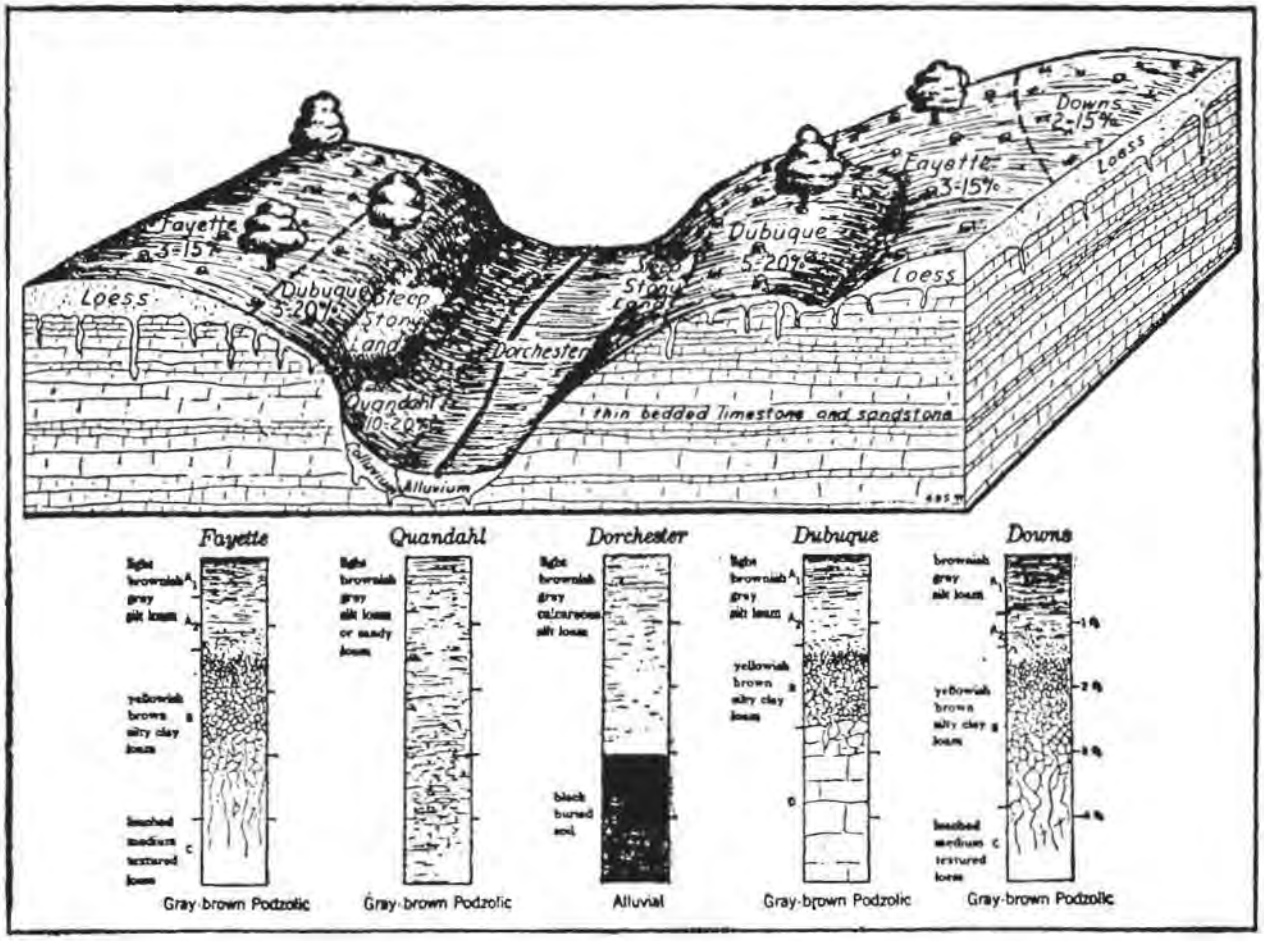


Fig. 55. — **Diagrama de una maqueta en donde se muestran esquemáticamente las relaciones entre los tipos y fases locales de suelos dentro de una asociación. (Tierra Fayette-Dubuque en el noreste de Iowa, U.S.A.) Estos diagramas ayudan al lector a visualizar las relaciones entre clases de área de suelos y factores tales como relieve, material orignario y vegetación.**

Las fases de suelo comúnmente son subdivisiones del tipo, por lo tanto un tipo incluye todas sus fases. Cuando un tipo de suelo se divide en fases basadas en la pendiente, cada una de las subdivisiones debe llevar su designación de clase de pendiente. Por ejemplo, el suelo Tama franco limoso, tal y como se encuentra en el Condado de Tama, en Iowa, U.S.A., se divide en las siguientes fases que se describen en el orden ascendente de la pendiente (en porcentaje):

Tama franco limoso, pendientes de 1-3 por ciento.
Tama franco limoso, pendientes de 3-8 por ciento.
Tama franco limoso, pendientes de 3-8 por ciento, erodado.
Tama franco limoso, pendientes de 8-12 por ciento.
Tama franco limoso, pendientes de 8-12 por ciento, erodado.

Nótese como el tipo Tama franco limoso está formado por un total de cinco fases. La forma anterior es una variación de la práctica anterior de designar una de las fases del tipo como tipo y las

mente							
Suelos desarrollados de residuos de caliza	Casi planos a suavemente pendientes	Muy bajo	Gris oscuro a negro	Idem	20 - 30	Gris medio moteado con amarillo y pardo	Duro plástic

SUELOS DE LAS TERRAZAS

Aluvial, principalmente de residuos de caliza	Suavemente pendientes a pendientes	Medio	Pardo grisáceo a pardo	Friable	20 - 30	Marrón amarillento a pardo rojizo	Firme friable
Idem	Casi planos a suavemente pendientes	Bajo	Pardo grisáceo claro	Idem	15 - 30	Pardo amarillento	Compac
Idem	Idem	Idem	Gris pardusco	Idem	15 - 25	Amarillo pardusco	Firme friable
Idem	Casi planos	Muy bajo	Gris o gris pardusco claro	Idem	15 - 25	Amarillo moteado y gris	Compac

or el editor.

demás como fases. Cuando un tipo de suelo no se subdivide en fases sobre la base de la pendiente sino sobre la de otra característica, tal como pedregosidad, la fase o fases caracterizadas por esa condición de pedregosidad deben señalarse, como por ejemplo, pedregosa o muy pedregosa. La fase no caracterizada por esta condición, si es que se muestra en el mapa, debe designarse con el nombre del tipo, sin designación de fase, y puede entonces tomarse en el texto como la fase típica del tipo. Este convencionalismo permite que los nombres de las unidades individuales sean tan cortos como sea posible y evita en ellos el uso de términos como "no erosionado" y "no pedregoso". Es común que dos o más características usadas para la diferenciación de fases se encuentren coexistiendo y aparezcan en el nombre de la unidad cartográfica, como por ejemplo Hayter franco pedregoso, fase pendiente erodada. Desde luego que son muchos los tipos de suelos que no están divididos en fases.

A continuación se incluye una guía para las descripciones de suelos: (4).

1. **Nombre de la unidad cartográfica** (título en letras mayúsculas, colocado lateralmente):

a. Usar una o dos frases para destacar las **características sobresalientes o los hechos importantes** concernientes al suelo y que han de ayudar al lector a identificarlo.

1) Relieve y posición fisiográfica, asociación con otros suelos y la clase de paisaje donde se encuentra. Esto puede incluir uno o más de los siguientes puntos:
2) Material originario.
3) Drenaje.
4) Vegetación nativa.
5) Localización general y extensión. No deben darse localizaciones muy detalladas de los suelos, como "2 kilómetros al noroeste de la Iglesia de San Andrés y al sur de la Escuela de Blackhawk". La gran mayoría de quienes utilizan el informe no necesitan saber en dónde se encuentran todos los cuerpos de un suelo particular y aquellos que quieran saberlo, pueden determinarlo estudiando el mapa.

b. Descripción del perfil (sin título):
Se puede usar la descripción corriente del perfil o una descripción de conjunto, siendo usualmente preferible esta última. La descripción en todo caso debe cubrir los horizontes principales sin entrar a tratar todas las subdivisiones que

(4) Más adelante se da un arreglo alternativo para tipos de suelos no divididos en fases.

que se incluyen en estudios genéticos de los perfiles. Deben tenerse en cuenta las siguientes características de cada uno de los horizontes principales, las cuales deben cubrirse en las descripciones del perfil:

(1) Color.
(2) Textura.
(3) Estructura.
(4) Consistencia.
(5) Espesor.
(6) Reacción y contenido de cal.
(7) Materia orgánica.
(8) Permeabilidad a las raíces, la humedad y el aire.
(9) Sales o álcali.
(10) Piedras, grava o granzón.
(11) Capacidad de retención de humedad.
(12) Deficiencias conocidas en nutrientes vegetales.

La descripción debe ser simple, concisa y no técnica. A continuación se da una descripción del suelo Muscatine franco limoso, tomado del Informe del Levantamiento de Suelos Nº 71 de la Estación Experimental Agrícola de Illinois, la cual llena estos requisitos:

Perfil de suelo.—La superficie es de color pardo a pardo oscuro, de textura pesada franco limosa, de 20 a 25 cms. de profundidad y sólo débilmente granular. La capa inmediatamente debajo de ésta es franco limosa que varía de pardo amarillenta a parda. El subsuelo comienza a una profundidad de 40 a 50 cms. Es franco arcillo limoso, amarillo grisáceo o arcillo limoso con envoltura o capas marrones. Todo el perfil absorbe agua con facilidad. Usualmente se encuentran carbonatos (cal libre) a profundidades inferiores a 100 o 125 cms. En algunas áreas pequeñas totalmente rodeadas de suelo Hartsburg arcillo limoso (244) se encuentra cal libre de 50 a 90 cms. y el suelo es de un color algo más claro en todo el perfil.

Esta descripción tal vez no es tan completa como podría desearse, al menos para ciertos suelos. No menciona, por ejemplo, consistencia, ni tampoco la reacción usual de la capa superficial. Sin embargo, es clara y concisa.

No es necesario ni deseable describir en esta sección del informe, los perfiles de suelo en todos los detalles que puedan ser necesarios a los edafólogos para una descripción precisa de las series de suelos. Descripciones más detalladas de los perfiles de suelos representativos importantes pueden incluirse en la sección de cómo se formaron y cómo

se clasificaron los suelos del Condado de Blank. Para los otros suelos, las descripciones detalladas sólo se necesitan para el trabajo de correlación.

En un párrafo separado se deben mencionar las principales inclusiones de otros suelos dentro de la unidad cartográfica de que se trate.

c. Cualidades de los suelos (sin título):

La descripción objetiva debe ser seguida por un párrafo que trate de las cualidades significativas inferidas, tales como fertilidad, productividad, erosionabilidad y similares, según sea su importancia. Aunque estos conceptos son útiles, ellos están sujetos a cambiar en un grado mayor conforme se realicen nuevas investigaciones, que las descripciones básicas de los suelos.

d. Uso y manejo (título con letra bastardilla destacado lateralmente).

(1º) Uso presente. Dígase la proporción desforestada, estimada; porcentaje estimado en cultivos, pastos, bosques y sin uso; menciónense los cultivos más importantes. Indíquense si las diferencias de uso entre las diferentes partes del área son significativas.

(2º) Sistemas de manejo prevalentes. Aquí se deben definir los conjuntos de prácticas de manejo que se incluyen en la columna apropiada de la tabla de pronósticos de rendimietos. Si existen otros conjuntos de prácticas de manejo importantes, debe describirse cada uso. Los rendimientos pronosticados o informados deben relacionarse a los conjuntos apropiados de prácticas de manejo. Si las prácticas de manejo prevalentes son muy similares para dos o más suelos, se puede dar una descripción completa para uno de ellos, haciéndose referencia a ella cuando se describan los otros suelos. Menciónese para cada grupo de prácticas de manejo:

(a) Rotaciones.

(b) Clases y frecuencia de la fertilización de los cultivos en la rotación; también el uso de cal y estiércol.

(c) Métodos de ingeniería para el control del agua, incluyendo aquellos métodos necesarios para el control de la erosión y para drenaje y riego.

(d) Métodos para prevenir la acumulación de sales o para remover el exceso de sales o álcali (en donde sean aplicables).
(e) Clase y oportunidad de las prácticas de cultivo.
(f) Manejo de los pastos.

3º) Usos y prácticas de manejo apropiados. La discusión de este punto debe desarrollarse en cooperación con la Estación Experimental Agrícola del Estado, la cual debe aprobarla. Algunas prácticas de manejo se aplican en general a buen número de suelos. Lo mismo puede suceder con la elección de las variedades de algunos cultivos. Para evitar repetir continuamente descripciones de las mismas prácticas de manejo, las que se aplican a muchos suelos pueden darse en una subsección titulada: Uso y Manejo de Importantes Grupos de Suelos. La discusión que se incluya aquí puede usarse principalmente para darle énfasis a aquellas prácticas apropiadas, por sus características, especialmente a este suelo. Cuando los usos y prácticas de manejo para dos o más suelos son similares sus discusiones se pueden también incluir para uno solo de ellos, haciendo luego referencia a ella en las descripciones de los otros suelos. Menciónese:

(a) Cultivos y variedades apropiados; otros usos.
(b) Buenas prácticas de manejo. Esta discusión debe incluir la definición de manejo en tal forma que se pueda incluir en la columna apropiada de la tabla de posibles rendimientos. Se deben cubrir los puntos enumerados en la lista (2).
(c) En la discusión del manejo, debe darse énfasis a la influencia de la acidez, capas de arcilla (claypans) u otros rasgos que puedan poner al lector en capacidad de estimar las respuestas del suelo a otros conjuntos de prácticas diferentes a los descritos en detalle, conjuntos de prácticas que que pueden llegar a ser practicables en el futuro, después de la publicación del informe, en virtud de avances en las artes agrícolas.

A continuación se da una forma posible de hacer la descripción de los tipos de suelo cuando estos no se dividen en fases:

Tama franco limoso (Título lateral con letras gruesas):

Características principales (del tipo en su totalidad).
Descripción del perfil (del tipo en su totalidad).

Pendientes de 1-3 por ciento (título lateral en bastardilla).
Uso y manejo.
Pendientes de 3-8 por ciento (título lateral en bastardilla).
Uso y manejo.
Pendientes de 3-8 por ciento, erosionado (título lateral en bastardilla).
Diferencias del perfil con el resto del tipo.
Uso y manejo.

A continuación se ilustra una forma posible para describir las unidades cartográficas, adaptado del manuscrito del informe del levantamiento de suelos del Condado de Cherokee, Tejas:

Caddo franco areno fino, a nivel (pendiente 0-1 por ciento) (título lateral). Este es un suelo gris claro pobremente drenado, el cual se encuentra casi a nivel en las cabeceras de las corrientes en asociación con suelos más elevados de mejor drenaje, principalmente de las series Bowie, Lakeland y Ruston. Se mantiene húmedo durante la estación fría, es de fertilidad natural muy baja y no se adapta a cultivos a menos de que se le drene artificialmente.

A. Perfil representativo: (En zona virgen 4 kilómetros al sureste de Alto, a lo largo de la Carretera Estadal 21).

1. De 0 a 10 cms. Gris, franco areno fino; muy friable; fuertemente ácido.
2. De 10 a 38 cms. Gris claro, franco arenoso muy fino, ligeramente moteado con pardo amarillento; muy friable; duro cuando seco; contiene unas pocas concreciones redondeadas de óxido de hierro; se va cambiando poco a poco al horizonte inferior; fuertemente ácido.
3. De 38 a 100 cms. Amarillo moteado y gris claro, franco arcillo arenoso; masivo; poroso; friable; fuertemente ácido.
4. De 100 a 150 cms. o más. Gris claro, franco arcillo arenoso fuertemente ácido, moteado de amarillo y con unos pocos puntos amarillo rojizos o pardo fuertes.

B. Variaciones: En áreas disturbadas, la capa superficial es gris clara o blanca; la textura de los horizontes 1 y 2 varía de arena franca a franco arenoso fino.

C. Material originario: Gris claro o gris claro y amarillo moteados, franco arenoso y franco arcilloso ácidos, dispuestos más o menos en capas delgadas y estratificadas.

D. Relieve: Superficie casi a nivel o de pendientes muy suaves, con gradientes dominantes inferiores a 1 por ciento, pero que llegan en algunas zonas pequeñas hasta a 3.

E. Drenaje: La escorrentía superficial es muy lenta; el drenaje interno es lento debido principalmente a un nivel freático alto o cercano a la superficie durante la estación fría.

F. Peligro de erosión: No es susceptible a erosión.

G. Vegetación nativa: Bosque, principalmente de roble de agua, tupelo (gum), pino de hoja corta con un piso inferior de arbustos, zarzas y juncos.

H. Localización y extensión: Pequeñas áreas distribuidas en todo el Condado; extensión total 2.347 Has.

I. Utilización: Principalmente bosque; pequeñas áreas desforestadas para pastos; el 92 por ciento (2.113 Has.) del área está cubierta por un bosque sobreexplotado y un 3 por ciento (70 Has.) está deforestado y se usa para pastos.

J. Posibilidad de uso agricola: No es apropiado para cultivo a menos de que se le drene; su mejor utilización es la forestal, o si se desforesta, los pastos. Pueden desarrollarse buenos potreros de Lespedeza y pasto Dallis, "carpet" y Bermuda.

K. Manejo de los pastos: El fosfato debe incorporarse mediante el arado de discos; las malas hierbas deben controlarse por medio de siegas; debe regularse el pastoreo; construcción de terrazas y canales de poca profundidad.

L. Manejo forestal: Cortes selectivos y raleo; remover las especies indeseables; plantar en áreas desnudas; control de incendios.

Pronósticos de rendimiento de los cultivos bajo conjuntos diferentes de prácticas de manejo.—La importancia de los pronósticos de rendimiento y de los requerimientos para llegar a pronósticos de utilidad ya han sido esbozados en la sección Pronósticos de Producción y Prácticas de Manejo de Suelos. Corrientemente esta información se presenta en una tabla, pero en algunos informes los pronósticos de rendimiento se pueden incluir como parte de una discusión narrativa del manejo de cada suelo, acompañando su descripción. El uso de la tabla con los pronósticos de rendimiento de todos los suelos del área tiene la gran ventaja de permitir una comparación más fácil entre los diferentes suelos. En la presentación narrativa puede describirse en forma más completa el sistema de manejo junto con cada pronóstico.

En algunos informes es necesario usar más de una tabla. Si se usan por ejemplo, tablas separadas para rotaciones en las tierras de cultivo, para pastos permanentes, para huertos y para bosques, cada una de ellas es más simple comparada con una tabla total que las combina.

Los detalles de las tablas de rendimientos y de la forma como se definen las clases de manejo de suelos es probablemente lo que más varía entre los informes. Al diseñar y preparar estas tablas debe recordarse que muchos de los que han de usar el informe están interesados en aumentar la producción de sus cultivos. Por ello los pronósticos deben incluir las producciones a los niveles óptimos de manejo indicados por las investigaciones recientes sobre los suelos de la región o por las efectuadas en suelos similares de áreas cercanas. Los conjuntos de prácticas de manejo deben definirse en forma suficientemente específica como para que el lector sea capaz de obtener una idea de los procedimientos y costos en la obtención de cosechas más altas por medio del cambio de manejo. En la página 556 se incluye una muestra de esta clase de tablas (Muestra de Tabla C); en la sección Pronósticos de Producción y Prácticas de Manejo de Suelos se incluye otra tomada del Levantamiento de Suelos del Condado de Tama, Iowa, U.S.A.

En algunas zonas el detalle necesario para definir las clases de manejo será demasiado grande para poder incluir todo en una tabla. En estos casos, las clases de manejo pueden designarse en la tabla por medio de una letra o número y luego definirse para cada suelo o grupo de suelos en el texto del informe. Los requerimientos específicos de las clases de manejo, no pierden claridad cuando se usa este tipo de disposición.

Debe incluirse una breve discusión de las bases de la tabla de pronósticos, indicando las fuentes de información y la exactitud relativa de los diversos valores.

Los problemas de manejo de cada suelo.—En esta sección se explican las relaciones entre las características del suelo y los problemas de manejo, así como la forma como las prácticas específicas se adaptan a las características del suelo.

Esta información puede representarse en varias formas. En algunos informes la discusión completa de manejo aparece con la descripción de las unidades cartográficas individuales. En otros informes se agrupan los suelos de acuerdo con los requerimientos de manejo y se discuten por grupos. Las tablas son también útiles a este fin. En obsequio de la brevedad, algunas veces es mejor escribir una discusión general de los principios de un buen manejo de suelos aplicables a todos los suelos, seguida por explicaciones más detalladas de cómo estos principios pueden aplicarse a cada suelo o grupo de suelos.

MUESTRA DE CUADRO C

CUADRO Nº .... PRONOSTICOS DE RENDIMIENTO DE CULTIVOS Y PASTOS BAJO DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DEL SUELO (1)

SUELOS APROPIADOS PARA PRODUCCION DE CULTIVOS ESCARDADOS

Símbolo en el mapa	Suelo	Rotación (2)	Uso de estiércol, abono y cal (3)	Otras prácticas	Rendimientos				
					Maíz	Soya	Avena	Heno	Rotación de pastos
XL	Xyz franco	60 por ciento escardado y 20 por ciento en prado	Ninguno	Ninguna	Bu. 40	Bu. 18	Bu. 35	Tons. 2:Trébol rojo y "timothy"	Vacas día por acre (4) 105 : Trébol rojo y timothy.
		30 - 40 por ciento escardado y 30 - 40 por ciento en prado	Cal y fosfato en nuevas siembras. Fertilizante completo en maíz; 8 toneladas de estiércol o 40 - 60 lb. de N en el segundo año de maíz.	Drenaje cubierto; siembra tupida del maíz.	65	20	50	3:alfalfa	140 : Alfalfa-bromo

SUELOS APROPIADOS PARA PASTOREO PERMANENTE

Símbolo en el mapa	Suelo	Clase de pasto	Prácticas de Fertilidad (3)	Otras prácticas de manejo	Vacas días por acre (4)
VL	Vuw franco	"Bluegrass" - lespedeza	Ninguna	Diferir el pastoreo en in-	100
		"Orchard grass" - Trébol ladino.	Cal más 60 libras de P_2O_5 y 30 lbs. de K_2O al sembrar: abono anual de cobertura con relación 0-2-1,. conforme sea necesario.	vierno; segar para control de malezas. Rotación de potreros, segar para control de malezas.	150

(1) En todos los pronósticos se asume el uso de variedades de cultivos adaptadas de métodos de control de insectos, enfermedades y malezas.

(2) Por cultivos escardados se debe entender maíz y soya; prado se refiere a una mezcla de gramíneas-leguminosas sembradas en rotación y usadas para heno o para pastoreo.

(3) Las cantidades y clase de fertilizantes a usar deben basarse sobre análisis de muestras de suelos enviadas al agente agrícola de Blankville. En la sección "Suelos del Condado de Blank" se encuentra información adicional acerca de los problemas de fertilidad de cada suelo.

(4) La expresión "Vacas día por acre" se refiere al número de días que un acre (4.047 m^2) alimenta una unidad animal sin alimento suplementario. Véase el calendario de los pastos para la distribución estacional de este pastoreo.

En estas discusiones debe mencionarse la ubicación de los centros de investigación agrícola importante en donde se esté obteniendo información útil para la solución de los problemas de manejo de suelos del área, aún cuando tales centros no estén dentro del área de estudio. A menudo es útil llamar la atención de suelos similares situados fuera del área de estudio, con el fin de que los que utilizan el mapa puedan relacionar la experiencia obtenida en fincas de otras áreas con los problemas dentro de la región estudiada.

Debe ponerse énfasis en dejar claro que en esta sección sobre manejo de suelos, más que recomendaciones se dan pronósticos. Las formas como las prácticas de manejo interactúan con las características del suelo debe ser el tema central. Las comparaciones de los efectos de prácticas de manejo diferentes tienen más valor que una "conversación de agente de ventas" acerca de cualquier sistema.

La muestra del cuadro C en las Págs. 552-553 muestra cómo pueden usarse las tablas para simplificar la presentación de la información sobre manejo del suelo.

Prácticamente todos los informes de levantamiento de suelos contienen material adicional acerca de los tópicos ya anotados. A continuación se dan algunos de ellos:

Introducción.—La mejor forma de introducción es una declaración breve acerca de las potencialidades y problemas del área, la cual responda brevemente a la pregunta general: "Qué se encontró significativo acerca del uso y desarrollo futuros de los suelos?". Deben destacarse las potencialidades ignoradas de los suelos. Pueden destacarse los problemas de manejo de suelos que requieran trato especial, como por ejemplo cambios de cultivos, necesidades de cal o fertilizantes, control de la escorrentía, drenaje, riego y prevención de erosión. Deben mencionarse aquellos cultivos o sistemas agrícolas que prometan. Deben tratarse también otros problemas relacionados con el uso del suelo en silvicultura, pastoreo o desarrollo combinado. No se deben dar declaraciones que envuelvan todas estas cosas, sino que deben relacionarse con aquellos puntos destacados y de significación general.

Grupos interpretativos para propósitos especiales.—Esta característica del informe es esencialmente una subdivisión de la sección de manejo. El uso de agrupaciones interpretativas varía más de área a área que las otras partes de la discusión acerca del manejo del suelo.

Siempre que un cultivo sea de importancia especial para la agricultura de la zona, es útil una valoración o agrupación de los suelos de acuerdo con su adaptabilidad a tal cultivo. En algunas zonas se han usado valoraciones de adaptabilidad para el maíz, por ejemplo, mientras que en otras se han usado para huertos de tung. Ya que la adaptabilidad de un suelo a un cultivo depende también del manejo del suelo, debe especificarse el conjunto de prácticas de manejo bajo las cuales se ha hecho la agrupación o valoración.

En ciertas áreas son necesarias otras agrupaciones de acuerdo con el peligro de erosión, necesidad de drenaje, adaptabilidad a riego y similares. En cualquier área específica quienes usen el informe pueden beneficiarse de la inclusión de agrupaciones interpretativas hechas de acuerdo con las potencialidades locales y los problemas del área. Las agrupaciones interpretativas deben considerarse, básicamente, como medios que facilitan el uso del estudio para un propósito particular. En vista de que los propósitos de tales agrupaciones varían de región a región y aún de tiempo en tiempo para la misma región, su uso en un informe de levantamiento de suelos se basa sobre necesidades locales en el momento de escribir el informe.

A continuación se dan algunas de las formas que pueden tomar las agrupaciones interpretativas:

Suelos apropiados para alfalfa	**Suelos no apropiados para alfalfa**
Dunkirk franco limoso.	Turba Carlisle.
Honeoye franco.	Colwood franco.
Honeoye franco limoso.	Eel franco limoso.
Ontario franco, fase ondulada.	Toledo franco limoso.
Palmira franco gravoso.	Polygan franco arcillo limoso.
Ontario franco, fase quebrada.	Fulton franco limoso.

No es deseable hacer agrupaciones de esta índole para todos los cultivos o para todas las clases de prácticas ya que el espacio que se requeriría para ello sería muy grande y también porque la adaptabilidad de los suelos a la mayoría de los cultivos ha debido ser tratada en la tabla de pronósticos de rendimientos y en cuanto a prácticas particulares, ellas han debido tratarse en la tabla en que se dan las prácticas adaptables de manejo de suelos. Sin embargo, pueden usarse con ventaja agrupaciones de esta índole para (a) cultivos potencialmente valiosos para el área del estudio, con los cuales los agricultores locales hayan tenido poca experiencia; (b) cultivos en los cuales el aspecto calidad sea tan importante que la producción cuantitativa no ofrece una medida adecuada de la productividad, como sucede, por ejemplo,con la mayoría de los tipos de tabaco; o (c) prácticas cuyo valor ya ha sido demostrado en suelos similares de otros condados o en estaciones experimentales, pero las cuales no han sido adoptadas ampliamente por los finqueros locales.

Puede explicarse que por medio del uso del mapa de suelos en conexión con grupos o listas de suelos de esta índole, pueden prepararse mapas interpreativos especiales en copias no coloreadas del mapa de suelos, en donde se enseñen los grupos de suelos adaptables a un cultivo o práctica especial. Además debe señalarse que a partir del mapa de suelos se pueden preparar mapas en donde se

destaque un factor único, como por ejemplo las pendientes fuertes o subsuelos lentamente permeables. Muchos de los que utilizan tales mapas de factor único, deben ser advertidos contra su utilización en aquellos casos en los cuales las otras características edáficas influencian la interpretación del factor que ha sido enfatizado.

En adición a las agrupaciones para propósitos agrícolas, pueden hacerse otras agrupaciones especiales de suelos para propósitos de ingeniería, especialmente para la construcción de carreteras y aeropuertos, siempre que se tenga a disposición la información esencial. La preparación de agrupaciones para fines de ingeniería requiere consultas con ingenieros de carreteras competentes, que tengan conocimiento de los problemas de ingeniería referentes a los suelos del área de estudio..

Para otras discusiones acerca de las agrupaciones de suelos, véanse las páginas 513 a 517 y 527 a 532.

Prácticas especiales.—En algunas zonas, puede ser aconsejable hacer resaltar ciertos grupos de prácticas tratándolas por separado en una sección del informe. Como por ejemplo pueden citarse: prácticas para el control de la escorrentía y la erosión, drenaje, riego, control de salinidad y control de malezas. Este material es fundamentalmente, sin embargo, como las agrupaciones interpretativas, una subdivisión de la discusión sobre manejo de los suelos. Si se usa una sección para tratar un grupo especial de prácticas, como control del agua, la forma en la cual las características influyen en el desempeño de terrazas, cultivo al contorno, cultivo en fajas, sistemas de drenaje y sistemas de distribución del agua y el riego, al mismo tiempo pueden explicarse presentando soluciones que ofrezcan varias alternativas acerca de los problemas indicados de control de agua. En la mayoría de los informes es mejor manejar todas las prácticas juntas, en vez de separar parte de ellas para una sección especial, ya que, a menos que la escritura esté coordinada cuidadosamente, el lector puede recibir una impresión incorrecta y desbalanceada del problema de manejo total para cada unidad cartográfica.

En áreas boscosas puede ser útil una sección sobre métodos de desforestación.

La morfología y el génesis de los suelos.—En esta sección se explica cómo se formaron los suelos de la zona y sus relaciones con los de otra zona. Corrientemente se puede hacer en forma conveniente comenzando con los materiales originarios y la fisiografía y explicando la formación de los suelos a partir de estos materiales bajo la influencia de los diversos procesos formadores del suelo y el tiempo. Es importante ajustar esta discusión al área en vez de "forzar" sus suelos dentro de un arreglo predeterminado tomado de libros de texto u otros informes. En vista de que la clasificación de suelos es una rama científica relativamente joven, deben explicarse los cri-

terios usados en la clasificación de los suelos, especialmente en las categorías más altas. Puede ser, por ejemplo, que otros edafólogos deseen conocer por qué se designa un suelo como Chernozem o como Podzol.

Siempre que sea posible debe explicarse el mecanismo por medio del cual se desarrollaron las características significativas del suelo. Por ejemplo la presencia de una capa de arcilla dura se debe a movimiento de la arcilla, a meteorización "in situ" o a herencia de un material originario estratificado?. Si se esclarecen puntos como éste en forma razonada, se deben incluir en el informe. Cualquier dato de laboratorio de significación en cuanto al génesis y clasificación de los suelos, puede incluirse en esta sección.

Es muy difícil presentar la información acerca de la morfología y génesis en una forma asequible o útil al lego. Cuando el informe esté destinado principalmente al uso de gente lega y cuando además sea necesario incluir material técnico acerca de morfología y génesis, este debe agregarse en un apéndice.

Para preparar el material sobre morfología y génesis de los suelos, el capítulo correspondiente del Informe del Levantamiento de Suelos del Condado de Blank en Iowa, U.S.A. (publicado en1950) presenta un buen ejemplo. Como ayuda en la organización de este material se sugiere a continuación un esbozo:

Cómo se formaron y cómo se clasifican los suelos del Condado de Blank (título principal):

A. Aparte introductorio (sin título) en el cual se enumeran las fuerzas responsables del desarrollo del suelo. Aquí se incluyen declaraciones en relación con las influencias que sobre la formación del suelo han tenido el material originario, el clima, el relieve, las fuerzas biológicas y el tiempo.

B. **Los factores formadores del suelo en relación con el Condado de Blank** (título de segundo grado):

En esta subsección se dice cómo han operado los factores ambientales para formar los suelos del Condado de Blank.

C. **Clasificación de los suelos** (título de segundo grado):

Breve discusión de la clasificación de las series de suelos del Condado en familias, grandes grupos, sub-órdenes y órdenes según sea apropiado, haciendo mención de algunas de las series en familias, grandes grupos de suelos, subórdenes y órdenes. La tabla también puede mostrar, para cada serie, los factores ambientales del material originario, relieve y vegetación.

D. **Morfología de los suelos por grandes grupos de suelos y por familias** (título de segundo grado):

1. (Nombre del Gran Grupo de suelos). Descripción.

a. (nombre de la familia de suelos). Descripción.

(1) Series (se incluye una descripción detallada para cada una de las series de cada familia y para cada serie correlacionada por primera vez en este Condado).

(a) Ambiente.
(b) Descripción del perfil. Si se conocen los horizontes genéticos, designarlos consecutivamente, desde el tope, por letras (A, B, C. etc.) agregando los subíndices apropiados para los subhorizontes; si no se conocen, úsense números (1, 2, 3 etc.) para las capas.
(c) Datos físicos y químicos y sus interpretaciones.

b. (Nombre de la familia de suelos) Descripción.

(1)

(a)
(b)

2. (Nombre del Gran grupo de suelos). Descripción.
a. (Nombre de la familia de suelos). Descripción.

(1)

(a)
(b)

Cada gran grupo de suelos, con sus familias y series debe tratarse en la forma sugerida arriba. Al describir y comparar los grandes grupos de suelos, las familias y las series, deben destacarse hasta donde se conozcan, las relaciones causales entre los factores formativos del suelo y la morfología del grupo.

Literatura citada.—Cada fuente de material citado en forma definitiva en el informe debe recibir el crédito apropiado por medio de citas literarias.

Al final del texto del informe y bajo el título principal de Literatura Citada debe arreglarse la literatura citada por orden alfabético de los nombres de los autores. Es importante que los autores de

los informes de los levantamientos de suelos hagan una revisión y verificación de la literatura citada, ya que los editores no disponen en las oficinas principales de muchas de las publicaciones citadas. Hay que estar seguro de que la cita está completa con el o los nombres de autores, fechas, título de la publicación, casa publicadora, número de páginas, si es ilustrado y lugar de la publicación, en este mismo orden. Cuando se tengan dudas acerca de abreviaciones, es preferible no usarlas, sino usar la palabra completa. Anteriormente el material mimeografiado y referencias no publicadas recibían referencias por medio de notas al pié de las páginas; hoy este material se incluye también bajo Literatura Citada. Las referencias a la Literatura Citada se indican así: (12); las notas al pié de página deben indicarse así: 6; y las notas de pié de página se numeran consecutivamente desde el comienzo hasta el fin del informe.

Otros materiales que deben prepararse para un informe de levantamiento de suelos.—Siempre que se planea la publicación de un mapa coloreado, deben remitirse con el mapa y el manuscrito los colores que se designen para los diversos suelos. Corrientemente el número de colores diferentes a mostrar en un mapa, no deben pasar de 15, restricción que es impuesta por los factores de costo en los procesos de impresión. En vista de que prácticamente todos los levantamientos incluyen más de 15 separaciones se hace necesario para el coloreo, un agrupamiento de los suelos. En la preparación de esta agrupación el objetivo principal debe ser el hacer más fácil el uso del mapa.

Hay dos procedimientos a considerar en la selección del tipo de agrupación para el coloreo. El primero es el de tratar que haya el mayor contraste de color posible entre dos áreas de suelos adyacentes. Este tipo de agrupamiento es el de mayor valor para quien tenga interés únicamente en pequeños segmentos del mapa. Se espera que funcione bien en una zona en donde existan suelos marcadamente diferentes dispuestos en una forma intrincada.

En el segundo tipo de agrupación se intenta agrupar los suelos similares bajo un mismo color. Este tipo de agrupación es el más útil para aquellos interesados en el mapa completo, ya que destaca a primera vista, las relaciones entre las grandes áreas. Las características edáficas que son importantes en la determinación de los requerimientos de manejo proveen la base más lógica para este tipo de agrupamiento. En muchos informes los suelos se agrupan con el fin de discutir sus prácticas de manejo. Estos grupos pueden así no convertirse en la base de la distribución de colores, siempre que a los miembros de cualquier grupo les sean comunes un número de características importantes. Puede suceder que suelos diferentes tengan las mismas características de manejo, como por ejemplo, una zona en donde suelos Esqueléticos y Solonetz deban ser usados únicamente para pastoreo limitado; en tal caso estos suelos no deben

mostrarse en el mapa con el mismo color (Véase la sección sobre Agrupación de Suelos en el Mapa).

El plan general del informe

Con el fin de ayudar a quienes escriben informes a incluir toda la información útil que han reunido acerca de los suelos y para llamar su atención acerca de lagunas en sus notas así como para ayudarlos a organizar los materiales en una forma conveniente a los lectores, se sugieren dos planes o esbozos a seguir. La intención no es que se siga el esbozo dado al pié de la letra ; en algunas zonas ciertas partes deben recibir un énfasis especial.

El plan específico para el informe debe desarrollarlo el jefe del estudio una vez que el trabajo de campo está en ejecución. En realidad la leyenda descriptiva de los suelos es el primer informe tentativo. Con la terminación del trabajo de levantamiento de campo, deben terminarse por lo menos, los primeros arreglos de las tablas, las tarjetas de los suelos y las descripciones. Si el trabajo se comienza temprano, pueden usarse en su totalidad las observaciones y sugerencias de otros miembros del equipo de estudio. El arreglo de datos provenientes de otros grupos de investigación, especialmente los de las Estaciones experimentales agrícolas, así como el relleno de lagunas en el informe pueden preverse en el plan.

Es totalmente imposible preparar un buen informe en el cual aparezca la descripción de la unidad cartográfica, una discusión de sus problemas de manejo y pronósticos de rendimiento bajo varios sistemas de manejo definidos, todo bajo un título principal para cada unidad de suelo. Para tal clase de informe los títulos de la descripción general del área más los de cada una de las unidades cartográficas, pueden constituir el esbozo. Para una zona con un gran número de unidades cartográficas, un informe de esta índole probablemente sería muy largo y repetido. Por otro lado, si cada característica de un suelo y cada práctica de manejo para todos los suelos se discutieran bajo un título separado, quien use el informe tendría un gran inconveniente en la localización de información acerca de cualquier unidad cartográfica de suelo particular. Los mejores esbozos o planes se encuentran entre estos dos extremos. Como ejemplo se sugieren los dos siguientes planes:

Plan Nº 1

Títulos de tópicos principales:

I. Tabla de contenido.

II. Introducción.

III. Cómo conocer los suelos. (Cómo usar el mapa y el informe).

IV. Principios de buen manejo de suelos.

V. Uso y manejo de grupos de suelos importantes. (En esta sección se incluyen pronósticos de rendimiento).

VI. Suelos de Condado de Blank, su uso y manejo. (Descripción de cada unidad cartográfica y discusión breve de sus prácticas de manejo).

VII. Grupos especiales de suelos y mapas interpretativos.

VIII. Geografía y agricultura del Condado de Blank.

IX. Formación de los suelos del Condado de Blank. Su clasificación.

X. Literatura citada.

Anexos:

1. Grupos de colores para la leyenda del mapa.
2. Tabla de características para suplemento del mapa.

Plan Nº 2

I. Tabla de contenido.

II. Introducción.

III. El informe del levantamiento de suelos; cómo usarlo.

IV. Características generales del área.

A. Fisiografía, relieve y drenaje.
B. Clima.
C. Fuentes de agua.
D. Vegetación.
E. Agricultura.

V. Descripción y clasificación de los suelos del Condado de Blank.

A. Series de suelos y sus relaciones.
B. Clasificación de las series de suelos en categorías más altas y factores que han contribuido a la diferenciación morfológica de los suelos.

C. Tipos, fases y clases misceláneas de tierras (arreglo alfabético).

1. (Nombre de la serie) seguido por una descripción y una discusión breve del manejo de cada unidad cartográfica.
2. (Nombre de la serie), etc.

VI. Interpretación y uso de los suelos del Condado de Blank.

A. Uso y manejo de los suelos (se incluye la base para la agrupación).

1. Suelos del Grupo 1. Esta sección incluye una discusión de los problemas de manejo del grupo, una tabla de pronósticos de rendimiento y la definición del conjunto de prácticas de manejo para cada pronóstico de rendimiento.
2. Suelos del grupo 2, etc.

B. Agrupaciones interpretativas especiales (como grupos de capacidad de uso).

C. Asociaciones de suelos.

VII. Métodos usados en el levantamiento de suelos. Definiciones.

VIII. Literatura citada.

Anexos:

1. Grupos de colores para la leyenda del mapa.
2. Tabla de características para suplemento del mapa.

Orden en que se sugiere preparar las secciones del informe

1. Preparar para cada unidad cartográfica una tarjeta que incluya la información necesaria en la descripción de la unidad, las tablas de manejo, pronósticos de rendimiento y las tablas sobre características y clasificación. El uso de estas tarjetas simplifica y aligera enormemente tanto la compilación como la escritura, además de que ayuda a evitar omisiones y contradicciones.

2. Preparar las siguientes tablas:

a. Cuadro. Producción promedio que se espera en un período de años.
b. Cuadro. Usos generales y prácticas de manejo recomendadas para los suelos de la zona.
c. Cuadro. Algunas características importantes de los suelos de la zona.

d. Cuadro. Posición, material originario y características del perfil de las series de la zona.
(Algunas de estas tablas pueden dividirse tal y como se ha sugerido en alguna otra parte de este libro. También pueagregarse otras).

3. Escribir las descripciones de las unidades edáficas. El material incluído en los puntos 1 y 2 servirá como fuente de información y cuando se ha arreglado antes, provee el medio de control necesario para asegurar el acabado.

4. Preparar otras secciones en el esbozo. Puede ser ventajoso escribir de último los puntos II y III del esbozo (véase páginas 562-563), ya que para entonces la disposición y los ejemplos se tendrán frescos en la mente.

5. Preparar para la leyenda de colores del mapa, las agrupaciones que se colorearán de una misma manera.

6. Seleccionar ilustraciones, preparar títulos e incluir las referencias en el texto.

7. Revistar cuidadosamente la forma como corresponden las referencias con la Literatura Citada. Es muy importante la precisión y es preferible dar demasiada información que dar poca, pues en el primer caso el editor puede luego recortarla.

Ilustraciones

El valor de un informe de levantamiento de suelos puede aumentarse notablemente por medio de buenas ilustraciones, incluyendo mapas ilustrativos, diagramas, cartas y fotografías de perfiles de suelos, de áreas típicas de suelos y de métodos agrícolas.

El trabajo relacionado con el informe, incluyendo el material ilustrativo que lo acompañará, debe iniciarse tan pronto se haya adelantado adecuadamente el trabajo de campo. Los dibujos esquemáticos y los diagramas pueden hacerse y pueden obtenerse las fotografías mientras se adelanta el trabajo de campo. Todo esto debe planificarse en relación con la forma final que ha de tener la publicación, incluyendo tamaño, proporción y posible reducción.

Los planos o mapas y los diagramas preliminares deben enviarse a la oficina central antes de preparar el trabajo detallado en tal forma que se decida con anterioridad todo lo relacionado con la escala, tamaño y forma. En casi todos los casos es más económico para el autor remitir dibujos precisos en lápiz para ser dibujados en forma definitiva por dibujantes profesionales. Son muy pocos los autores que tienen la habilidad y las facilidades para preparar dibujos susceptibles de ser reproducidos directamente. Todo aquel tiempo adicional empleado para dibujar un mapa más allá del punto de precisión reqerido para que sea redibujado por un dibujante, puede considerarse tiempo perdido, claro está siempre que vaya a ser redibujado.

A pesar de lo anterior, existen casos en que el autor puede realizar un mejor trabajo en algunos dibujos que un dibujante, como es el caso de los esquemas a lápiz y tinta, de perfiles de suelos. Además, puede ser que las agencias cooperadoras tengan facilidades para la preparación de mapas y dibujos que deban usarse. Aún en tales casos, el plan general debe discutirse previamente con quienes han de preparar el material para el impresor con el fin de asegurarse que tenga una forma útil. Dentro de los mapas o esquemas mismos se debe incluir el mínimum de letreros, especialmente nombres de suelos u otro términos que estén sujetos a cambios. Los letreros que se incluyan en los dibujos deben ser de tamaño que permita su lectura con claridad después que se hagan las reducciones necesarias. Siempre que sea posible, la rotulación debe dejarse en lápiz hasta inmediatamente antes de remitir el manuscrito al impresor.

Las ilustraciones demasiado grandes para una sola página, pueden dividirse, con cuidado, en dos partes incluíbles en páginas opuestas. Se pueden aún incluir ilustraciones más grandes, que requieran una forma y dobladura especiales, pero debido al factor costo, esto debe hacerse únicamente cuando tales ilustraciones contribuyan en forma clara y sustancial al uso e interpretación del mapa de suelos. Los planes para incluir estas ilustraciones deben ser aprobados mucho antes de que se llegue a trabajar en detalles sobre ellos. No se puede permitir que el uso de fondos y facilidades para la preparación de ilustraciones demoren la preparación del mapa básico de suelos.

La inclusión de gráficos debe quedar limitada a aquellos casos en que sean muy superiores a las tablas.

Preparación de los dibujos y mapas.—Como se ha señalado anteriormente, el dibujo final usualmente puede hacerse mejor en la oficina central que en el campo, aunque el mismo autor o un agente cooperador puedan tener facilidades para preparar en forma fácil ilustraciones que sea imposible incluir de otra manera. Las sugerencias siguientes pueden ser de utilidad:

Los dibujos lineales se reproducen mejor si se hacen sobre cartulina de ilustrar, limpia y blanca, o sobre papel "bond" de alta calidad.

Los dibujos lineales deben hacerse en negro. A menudo es imposible reproducir dibujos hechos en color.

Los mapas para el texto no deben colorearse. Si es necesario colorear algunas áreas para la clarificación de detalles, esto debe hacerse en un duplicado que sirva de guía al dibujante. En el esbozo impreso del mapa, las áreas se identifican por medio de símbolos o por medio de pantallas impresas en blanco y negro (tales como "Zip-A-Tone"). Estas pantallas pueden obtenerse en los negocios que se dedican a esta clase de artículos.

La rotulación de los mapas y gráficos que se van a reproducir directamente, debe hacerse con letras simples estándar y debe tenerse gran cuidado en la ortografía, en el uso de mayúsculas, com-

posición de palabras y en las abreviaciones. Deben seguirse las instrucciones del **Manual de Estilo** de la Imprenta del Gobierno de los Estados Unidos.. Por ejemplo, no se debe usar el símbolo para **porcentaje,** ni tampoco se puede dividir la palabra en dos ni usarse con un guión intermedio. Debe imprimirse como una sola palabra, **porcentaje.** Las unidades de medida deben o abreviarse todas o escribirse completas todas.

Los mapas o diagramas no deben tener detalles excesivos. Para linderos es mejor una línea sola; las líneas costeras, ríos y otros líneas deben usarse en tal forma que queden claras cuando se reduzcan los mapas o gráficos.

Los símbolos para los tipos y fases de suelos, usados en mapas especiales, en el texto deben ser idénticos a los usados en el mapa básico; es por esto que deben usarse símbolos temporales escritos a publicación en vez de mejorarla.

Si en un mapa a blanco y negro se usan sombras hechas a base de líneas, tanto en los bloques sombreados de la leyenda como en las áreas del mapa, deben incluirse dentro de los límites, si ello es posible, las palabras y símbolos que les concierna. Estos bloques deben ser de un tamaño que permita una lectura clara y fácil después de haber sido reducidos y no deben tener símbolos o números además del sombreo mismo. La mayor parte de los dibujos de diagramas, gráficos y mapas para el texto, se hacen de 1 y media a 2 veces más grandes que la reproducción final; en ello van incluídos los letreros.

Los gráficos y diagramas y la mayoría de los mapas deben prepararse sin títulos, pues estos luego se ponen por debajo, en letra de imprenta.

Fotografías.—Las fotografías deben mantenerse planas y limpias, libres de manchas de tinta o huellas digitales. Los ganchos de prensar papel las dañan, y pueden sufrir daños muy serios si se escribe a máquina por detrás de ellas o si se escribe aún a mano, salvo que se haga suave y con pluma.

Las copias brillantes dan mejores resultados que las de acabado mate. A menudo las copias comerciales no son satisfactorias, a pesar de lo cual pueden sacarse buenas copias siempre que el negativo sea bueno. Siempre es bueno remitir con el manuscrito, dos copias y el negativo.

Se deben incluir solo fotografías buenas que ilustren partes específicas de la discusión; a veces hay fotografías que empeoran la publicación en vez de mejorarla.

La toma de buenas fotografías, adecuadas, se trata en una de las primeras secciones de este **Manual**, bajo el título de Examen y Descripción de los Suelos en el Campo.

Tamaño de las ilustraciones.—Los esquemas, mapas, diagramas y gráficos deben ser de 1 y media a 2 veces más grandes que las ilustraciones finales. La reproducción de fotografías ordinariamen-

te se hace mejor si los originales son suficientemente grandes para permitir un poco de reducción; sin embargo algunas muy buenas pueden, si es necesario, ser aumentadas un poco.

El tamaño máximo de las ilustraciones en las páginas impresas de un informe de levantamiento de suelos, es de 11 x 19 cm. (4 3/8 por 7 ½ pulgadas). Estas dimensiones incluyen el espacio necesario para la leyenda o título que va bajo el grabado. Si mientras se está manejando la copia original de ilustraciones más grandes, se observan estos requerimientos, es posible disponerlas en forma apropiada para reducción a tamaño de página, dejando espacio suficiente para la impresión de la leyenda.

Las leyendas impresas se disponen a través de la parte angosta de la página cuando se trata de grabados pequeños o de grandes con la base más angosta que la altura y se disponen siguiendo la parte larga de la página cuando se trata de grabados de página completa con la base más ancha que la altura. Por esto, las reducciones de 11 x 18 cm. (4 3/8 por no más de 7 pulgadas), usualmente dejan espacio para la leyenda al fondo de la página, aunque cuando la leyenda es muy larga, puede ser necesario hacer el grabado algo menos de 7 pulgadas. Las reducciones de 19 x 10 cm. (7½ por 4 pulgadas), dejan corrientemente espacio para una leyenda que siga el largo mayor de la página. La observación cuidadosa de estas proporciones salva mucho tiempo y gastos y hace posible una utilización efectiva del trabajo.

Cuando fuere necesario, una ilustración puede llenar la página en su totalidad, en cuyo caso la leyenda se colocaría al pié de la página del frente. Este método aumenta un poco el costo de impresión. En vista de que las ilustraciones más grandes que el tamaño de una página deben ser dobladas y acomodadas, ellas son muy costosas. Siempre que sea posible, las ilustraciones deben planearse en tal forma de que puedan leerse con claridad aún después de reducidas.

La mayoría de las ilustraciones deben llegar a 11 por 18 cm. (4⅜ por 7 pulgadas) con la leyenda al fondo de la página; 10 por 9 cm. (4 por 7½ pulgadas), con la leyenda al lado; ó 10 x 9 cm. (4⅜ por 3½ pulgadas), con la leyenda al fondo para media página. Casi todos los dibujos se pueden planear con proporciones que permitan ser reducidas a uno de estos tres tamaños. Como guías para recortar fotografías pueden usarse huecos rectangulares de estos tamaños, hechos en hojas de papel opaco o de cartón. Estos moldes se pueden poner encima de la copia y ajustarlos en tal forma que indiquen la mejor parte a ser usada, procediendo luego a recortar los bordes de la copia.

Titulación y ordenamiento.—El material que va al impresor es de dos clases: (1) El texto manuscrito con páginas numeradas 1, 2, 3..... y (2) las ilustraciones numeradas separadamente 1ª, 2ª, 3ª..... Las ilustraciones se numeran con un lápiz muy suave

en la parte de atrás, arriba, en la esquina derecha. Los números estarán en el mismo orden como se mencionan las ilustraciones en el texto. Las ilustraciones se ponen en un sobre grande separado, que lleva por fuera el título del levantamiento de suelos. Cuando las ilustraciones son muy grandes, entonces se enrollan separadamente, pero siempre se anota en el sobre.

Las ilustraciones deben protegerse y deben mantenerse planas, excepto las grandes, hechas sobre tela de dibujo, las cuales se pueden enrollar y remitir en tubos de cartón especiales. No se las debe doblar.

Para designar objetivos separados en una ilustración numerada sola, se usan letras mayúsculas itálicas (A, B, C.....), mientras que para indicar partes de objetivos, abreviaciones o símbolos se usa letra bastardilla minúscula (a, b, c,.....).

Los letreros usados en las ilustraciones de una publicación deben ser hasta donde sea posible, del mismo tipo y tamaño después de reducidos. En la mayor parte de los casos, los autores deben remitir las ilustraciones con los letreros escritos a lápiz.

La leyenda para las ilustraciones.—Para cada ilustración, incluyendo las fotografías, se necesita una leyenda descriptiva que describa con claridad los rasgos pertinentes. La leyenda debe ponerse en el lugar del texto en donde se haga referencia a la ilustración. Además puede pegarse a la página, una copia de la leyenda.

Aunque la leyenda debe escribirse en forma compacta y resumida, debe ser suficientemente explicativa por sí misma como para que no sea necesario tener que volver al texto para explicarse la ilustración.

En las leyendas deben dejarse las líneas que sean necesarias para mencionar los individuos y organizaciones de quienes se han obtenido las fotografías e ilustraciones

Aquellas leyendas que sólo ocupen una línea, deben centrarse. Si se componen de dos líneas, la primera de ellas se escribe al ancho completo de la página, y el resto se centra en la segunda línea; si hay más de dos líneas, se sigue el margen de la izquierda señalado por la segunda línea. Todas estas modalidades se pueden apreciar en cualquier informe de levantamientos de suelos bien ilustrado.

Cada una de las letras que se usan en una subparte de una ilustración debe explicarse en la leyenda y no sólo en el texto. Cada una de las ilustraciones que se usen en un informe de levantamiento de suelos debe citarse por lo menos una vez en el texto. Excepto para referencias accidentales, el orden como se citan las referencias en el texto determina el orden de la numeración de las ilustraciones.

Cada manuscrito debe ir acompañado de una lista de todas las leyendas, junto con sus respectivas copias, la cual debe incluirse en el sobre junto con las ilustraciones.

CARTOGRAFIA DE RECONOCIMIENTOS DE SUELOS

Hasta aquí en este **Manual** se ha tratado principalmente sobre la clasificación y cartografía de suelos para levantamientos detallados de suelos. Para los levantamientos de reconocimiento los principios básicos de la descripción, clasificación e identificación de los suelos son similares, independientemente de la escala del levantamiento. En estudios de reconocimiento muy amplios, las unidades de clasificación deben agruparse en asociaciones de suelos. Dentro de cada unidad cartográfica se permiten inclusiones mayores de otros suelos que los permitidos en los levantamientos detallados.

En áreas comparativamente bien conocidas, las unidades de clasificación que entran en las asociaciones se definen como tipos y fases tal y como se hace en los levantamientos detallados. El número y la clase de las fases que se reconocen dependen del propósito del mapa. En áreas nuevas y relativamente no exploradas, las asociaciones se definen en términos de categorías de clasificación más amplias que los tipos de suelo. En muchas áreas estas unidades son los grandes grupos de suelos o las familias, subdivididas de acuerdo con el material originario, con fases para relieve y algunas veces para pedregosidad, efectos de la erosión y otras características.

Los métodos cartográficos usados en los estudios de reconocimiento son un poco diferentes a los usados en los estudios detallados. En esta sección se tratan los puntos de mayor diferencia.

En la sección titulada Indole de los Mapas y de los Informes de Suelos ya han sido definidas las clases de mapas de suelos. En este Manual nos interesan en primer lugar los levantamientos originales de campo más bien que los mapas generalizados. Un mapa generalizado de suelos es el que se obtiene a partir de levantamientos originales, por medio de una abstracción ordenada de unidades de clasificación y cartografía. En los estudios de reconocimiento de suelos tanto las líneas de suelos como las identificaciones se desarrollan por medio de investigaciones originales de campo, aunque en ciertos casos partes de los mapas de reconocimiento se pueden generalizar de mapas detallados.

Cualquier levantamiento original de suelos en el cual únicamente una parte de los linderos de suelos es realmente estudiado por el edafólogo se considera como un levantamiento de reconocimiento, en contraste con los levantamientos detallados en los cuales los linderos se trazan por medio de observaciones en su curso completo sobre el terreno. Por esto los levantamientos de reconocimientos pueden ser sólo un poco menos detallados que los levantamientos detallados corrientes, caso en el cual a menudo se les denomina levantamientos semi-detallados o "de reconocimiento detallado" sin embargo este último término es objecionable dado que se puede confundir con detallado-reconocimiento (con el guión), el cual se usa para mapas que en parte son detallados y en parte de reconocimiento.

Después de los levantamientos de reconocimientos y aún menos detallados, tenemos los levantamientos exploratorios, en los cuales los linderos se obtienen principalmente por medio de la compilación de fuentes existentes, tal y como se hace en los levantamientos esquemáticos de suelos, con la diferencia de que en los levantamientos exploratorios las asociaciones se identifican principalmente por medio de investigaciones originales de campo. Los métodos usados en los levantamientos exploratorios de suelos varían tanto con los objetivos y las condiciones, que no los trataremos específicamente en este **Manual.** Muchos de los principios que se siguen en los levantamientos de reconocimiento se aplican para los exploratorios.

Objetivos

Los levantamientos de reconocimiento pueden, tal vez, agruparse con mayor utilidad por sus objetivos que por las características físicas de los mapas en sí; de la manera siguiente:

1. Levantamiento de los principales suelos y asociaciones de suelos en áreas desarrolladas, únicamente apropiadas para usos extensivos, especialmente pastoreo y silvicultura: tales levantamientos de suelos se necesitan con urgencia para grandes regiones de la parte oeste de los Estados Unidos, como base del manejo del pastoreo y la explotación forestal y para la estimación bajo diferentes condiciones, de la recepción y producción de agua..

2. Levantamientos en áreas desarrolladas para localizar suelos apropiados para uso más intensivo: Las asociaciones de suelos de estos levantamientos pueden definirse con las mismas clases de unidades taxonómicas que se reconocen en los levantamientos detallados de suelos. Un propósito característico de estos levantamientos es el de localizar, en áreas actualmente usadas para el cultivo y pastoreo extensivos, zonas que permitan un mejoramiento efectivo por medio de riego o drenaje. Una vez localizadas tales áreas, se hacen estudios detallados de ellas como guía para la planificación del proyecto así como para las prácticas de manejo de los suelos. Es un gasto inútil

el hacer aquí estudios muy detallados de suelos para planificar las estructuras de riego y drenaje, a menos que hayan posibilidades razonables de que en esos suelos se van a establecer tales prácticas. Los estudios detallados de suelos con detalle menos categórico sirven perfectamente los fines del cultivo y pastoreo "de secano".

3. Levantamientos en áreas parcialmente desarrolladas de población escasa o poblados diseminados ,los cuales se realizan en parte para localizar nuevos suelos para expansión y desarrollo mediante pequeñas colonias o por medio de infiltración de población, y en parte como base para que sirvan como guía de programas agrícolas de asesoramiento para agricultores ya establecidos. Tales estudios usualmente se generalizan en parte a partir de estudios detallados, de pequeñas áreas, representativos en los que la clasificación ya ha sido desarrollada y en los que ya se han definido e interpretado las asociaciones (1).

4. Levantamientos en áreas nuevas o no desarrolladas para localizar suelos apropiados para desarrollo agrícola, especialmente para cultivos, pero también para pastoreo y silvicultura: Por lo menos al comienzo, las asociaciones de suelos en los levantamientos de reconocimiento y exploratorios de áreas poco conocidas no pueden definirse en la forma detallada como se definen las unidades que se usan en estudios detallados de suelos. Las asociaciones en este caso pueden definirse en términos de familias de suelos o de otras subdivisiones de los grandes grupos, que difieren en material originario, con fases para relieve y pedregosidad, y tal vez, para otras características.

La ejecución de tales estudios de reconocimiento (o exploratorios) debe ser precedida por la compilación del mejor mapa esquemático posible de la evidencia disponible acerca de los suelos, relieve, geología, vegetación y clima. Luego dentro de cada una de las amplias asociaciones del mapa esquemático, se escogen áreas muestra representativas y en ellas se hace un estudio detallado de los suelos. A partir de estos estudios se pueden establecer unidades taxonómicas al nivel de familia, series y aún posiblemente tipos, con las fases apropiadas. Una vez hecho esto y por medio de métodos de reconocimiento, pueden redibujarse los linderos del mapa esquemático a partir de la investigación original de campo.

Material base y escalas

Las escalas de los levantamientos de suelos publicados varían mucho: desde cerca de 1:62.500 hasta 1:500.000. Una escala de cam po común es la de 1 a 31.680. Para estudios exploratorios muy am-

(1) Varios estudios de este tipo han sido hechos en el Canadá. Véase, por ejemplo, el trabajo de: MITCHELL, J., MOSS, H. C., y CLAYTON, J. S. SOIL SURVEY OF SOUTHERN SASKATCHEWAN (FROM TOWNSHIP 1 TO 48 INCLUSIVE). Soil Survey Report Nº 12,259 pp., llus. (Maps in box). Univ. of Saskatchewan. Saskatoon. 1944.

plios pueden usarse escalas de campo 1:1.000.000, aunque esta escala es muy pequeña para el trazo de los linderos a partir de las observaciones de campo. La escala de campo depende de los objetivos del estudio, de los caminos de acceso utilizables y de los mapas base disponibles. En las áreas divididas por secciones en los Estados Unidos, en las cuales alrededor de cada milla cuadrada se encuentran en líneas establecidas, se puede usar una cuadrícula o una combinación de cuadrícula y mapa de carreteras. Las zonas en donde no hay caminos pueden recorrerse a pié con la brújula, usando la cuadrícula y el mapa mencionado.

Posiblemente la mejor base para levantamientos de reconocimiento es el mosaico aéreo a escala 1 a 31.680. Corrientemente no se puede pensar en la utilización de mosaicos controlados para el levantamiento de reconocimientos de suelos, pues en las áreas que necesitan tal levantamiento raramente han sido hechos y por otro lado son muy costosos para los presupuestos corrientemente aprobados para la ejecución de estudios de reconocimiento. Casi tan buenos como los mosaicos controlados son los índices fotográficos. Estos tienen generalmente una escala de 1 a 63.360 la cual es demasiado pequeña para la fácil lectura de las disposiciones de los suelos, pero para uso de campo estos índices pueden ampliarse. Las fotografías a escalas ma yores, hasta 1 a 20.000 por ejemplo, dan hojas de un tamaño de uso difícil o producen hojas en demasía para la mayoría de los estudios de reconocimiento.

En donde se pueda disponer de fotografías aéreas individuales, ya sean verticales u oblicuas, pueden usarse con ventaja como ayuda suplementaria en el trazo de líneas de suelo, aún cuando el levantamiento de campo sea hecho sobre una base planimétrica de menor escala. Cuando se han localizado las líneas de suelo a lo largo de las líneas de reconocimiento, estas fotografías son muy útiles para trazar el curso de las líneas de suelo entre los puntos localizados, *siempre que el edafólogo tenga una oportunidad de estudiar el suelo en localidades muestra de cada uno de los diseños que se destacan en las fotografías.* Sin el estudio en el terreno de tales muestras, las apariencias que se presentan en terrenos desconocidos pueden ser desde luego muy engañosas, aún para el edafólogo experimentado.

Además de una investigación completa para la obtención de todos los mapas base y aerofotografías disponibles, y una determinación de su exactitud y limitaciones, el edafólogo debe localizar cualquier mapa geológico, de vegetación, etc., que pueda serle útil en el trazo de las líneas de suelo y en la planificación de su trabajo. La organización anticipada de materiales en un mapa esquemático de suelos puede ser de la mayor utilidad.

Asumiendo que el técnico tiene un buen entrenamiento en edafología, habilidad de visualizar las disposiciones de los suelos y los paisajes, habilidad para reconocer e interpretar las formas del terreno y las asociaciones de plantas y para recorrer terreno difícil,

necesita, para ser un buen edafólogo en estudios de reconocimiento y exploratorios, ser ingenioso, o sea tener la habilidad de encontrar y usar toda suerte de mapas y evidencias que tengan importancia en relación con su problema. Excelentes edafólogos para otras clases de investigación, incluyendo levantamientos detallados de suelos, fallan totalmente cuando se trata de levantamientos de reconocimiento. En tales casos son incapaces de visualizar las disposiciones generales y complejas, les atormentan mentalmente la indecisión cuando se encuentran frente a evidencias vagas y aparentemente contradictorias.

Clasificación de suelos

Es muy difícil poder ser específico acerca de la clasificación de suelos para estudios de reconocimiento en general; sin embargo se puede decir que las unidades cartográficas principales deben ser definidas como asociaciones de suelos. Acerca de este punto, los viejos estudios de reconocimiento de los Estados Unidos no pueden usarse como modelo. Desde luego que muchos de estos mapas fueron valiosos y aún lo son cuando se les interpreta apropiadamente (2). Desde luego que en los mapas de estos estudios se mostraban asociaciones, lo cual sin embargo, fué hecho inconscientemente por los clasificadores. En la mayoría de los casos cada unidad cartográfica recibía el nombre de acuerdo con su tipo principal, al cual se permitía muchas inclusiones y muchas fases no definidas. En primer lugar y al respecto, se pueden trazar linderos más apropiados definiendo las unidades como asociaciones de suelos. Luego, por medio de levantamiento detallado de áreas muestra en cada asociación, se pueden establecer las proporciones de las diversas unidades con una exactitud razonable. Quienes vayan a usar luego el mapa, pueden ser advertidos de cuales unidades es posible encontrar en un área mostrada en el mapa, como diferenciar una de otra en el campo y su adaptabilidad para varios usos y sus requerimientos de manejo. El texto del informe de estudios de reconocimiento de áreas bien desarrolladas, debe contener las estimaciones de producción y los demás pronósticos que en los estudios detallados se hacen para las *unidades taxonómicas*. Naturalmente que para las zonas en las cuales únicamente se hacen estudios de reconocimiento, los datos disponibles de lotes experimentales y de la experiencia de fincas e instalaciones ganaderas, son menos abundantes que para la mayoría de las áreas en donde se hacen estudios detallados. Por lo tanto, los pronósticos son menos precisos y dependen principalmente del juicio basado en principios conocidos de relación entre las características del suelo y las prácticas de ma-

(2) Exceptuando la denominación de varias unidades cartográficas como series y tipos de suelos en vez de asociaciones, el estudio siguiente es un buen ejemplo de estudio de reconocimiento: CARTER, W. T. y otros. SOIL SURVEY (RECONNAISSANCE) OF THE TRANS-PECOS AREA, TEXAS. U. S. Dept. Soil Survey. Series 1928. Nº 35, 66 pp., illus. (maps). 1928.

nejo de los suelos y sobre la experiencia que se tenga con suelos similares situados en cualquiera otra parte.

En algunos lugares la asociación catenaria de suelos es una unidad cartográfica conveniente. Los linderos entre tales asociaciones se trazan principalmente tomando como base las diferencias en la forma del terreno y el material originario, y las unidades constituyentes varían en las características relacionadas con diferencias de relieve y drenaje. Sin embargo, son muy raros los casos donde se pueden usar convenientemente las asociaciones catenarias a través del total de un área en estudio sin introducir detalle excesivo, lo cual debe evitarse a toda costa en un estudio de reconocimientos de suelos. Con esto queremos decir que en muchas regiones la complejidad de la disposición de los suelos se debe principalmente al contraste entre materiales originarios, como por ejemplo, laderas empinadas y valles aluviales, sedimentos dispuestos en capas contrastantes o montes plegados. El clasificador debe considerar estas complejidades y no mantenerse estricto en cuanto a las asociaciones catenarias.

Por motivos ya destacados no se deben usar grupos interpretativos como unidades cartográficas. Cualquier agrupación interpretativa depende del estado actual de las artes agrícolas y las condiciones económicas. Como consecuencia, cualquier mapa de tales grupos solos, muy pronto envejece y no puede ser reinterpretado. Por medio del uso de unidades cartográficas definidas sobre la base de unidades taxonómicas fundamentales, pueden hacerse muchas interpretaciones para diferentes fines y bajo diferentes condiciones. Como ejemplo se puede citar el caso de un estudio de reconocimiento de suelos basado en términos de la productividad de los suelos para trigo. Poco después de terminado se introdujeron nuevas variedades y se desarrollaron nuevas prácticas de manejo. Como consecuencia de esto, los mapas perdieron su valor esencial para pronósticos muy poco después de su publicación.

Tampoco pueden agruparse los suelos de acuerdo con factores únicos tales como pendiente, textura, permeabilidad, drenaje, etc., o por medio de alguna combinación arbitraria de ellos, en parte debido a la misma razón, es decir, porque las combinaciones se escogen como interpretación basada sobre la experiencia en el uso pasado, y parcialmente debido a que el significado de cualquier factor depende de los demás. Cada unidad taxonómica debe ser considerada como un total; es por esto, en primer lugar, que tenemos una clasificación de suelos. Por medio del uso de los nombres y las definiciones del sistema de clasificación de suelos se puede usar, para interpretación tanto inmediatamente después del hecho el estudio como más tarde, una cantidad enorme de datos reunidos y sintetizados en estas unidades y sus parientes cercanos.

En áreas bien conocidas, como es la mayor parte de los Estados Unidos, las leyendas para los estudios de reconocimiento pueden ha-

cerse, tal vez, tomando de algunos tipos individuales de suelos y fases como unidades cartográficas y de asociaciones de suelos definidas en términos de tipos y fases. Aún aquí, las familias y fases de familias de suelos en donde han sido definidas adecuadamente, aparecerán como componentes de las asociaciones de suelos y como unidades cartográficas.

En áreas poco conocidas, es decir, poco conocidas en términos de clasificación de suelos, las cuales incluyen grandes regiones del mundo situadas fuera de las zonas templadas, será imposible, por lo menos al comienzo, usar unidades taxonómicas definidas muy detalladamente, como las series, tipos y fase de suelos del sistema estándar usado en los Estados Unidos. Las leyendas se hacen de asociaciones que consisten de subdivisiones de los grandes grupos de suelos, hechas de acuerdo con el material originario, con fases de acuerdo con el relieve y pedregosidad y tal vez de otras características. Para muchas regiones la incertidumbre en cuanto a los nombres y definiciones de los grandes grupos de suelos y de lo adecuados que puedan ser, crean serios problemas de nomenclatura. Es por esto que son esenciales los nombres locales. El clasificador debe desarrollar las definiciones, tan cerca como ello sea posible, a un nivel categórico específico: grandes grupos de suelos, familias o series, en tal forma que puedan ser correlacionados en una forma ordenada uno con otro así como con un sistema general de clasificación de suelos.

Métodos de cartografía

Los estudios detallados y de reconocimiento se diferencian en forma clara por la forma de trazar los linderos. En los estudios detallados los linderos se determinan a través de todo su curso mientras que en los de reconocimiento, se trazan entre los puntos de observación, a partir de estimaciones y evidencia secundaria. Bajo las mejores condiciones, se recorren los caminos en carro y los suelos se examinan para caracterizar tipos o condiciones **locales** específicas, tal y como se hace en los estudios detallados. Es decir, que el clasificador no examina los perfiles de una asociación, complejo, familia o serie sino que más bien examina los perfiles de los tipos dentro de esos grupos taxonómicos más amplios o dentro de las asociaciones geográficas. El clasificador entonces, debe recordar más definiciones en términos de unidades cartográficas conforme interpreta los resultados de sus observaciones, que las que debe recordar en un estudio detallado. No debe dejarse llevar erróneamente a la exageración en las variantes y tipos misceláneos de tierra como componentes de sus unidades cartográficas simplemente porque estos son más obvios cuando son comparados con lo común.

Los exámenes de los perfiles y pendientes y otros rasgos externos se usan para reconocer los componentes de la asociación. Después el el edafólogo debe decidir como calzan éstos en el arreglo definido de

la asociación alrededor de la cual traza sus linderos. Las fotografías aéreas son útiles. En ellas se pueden observar los cambios mayores en vegetación o asociaciones de plantas, los cursos de las corrientes, las filas o escarpaduras que indican la "disposición de la tierra" y la disposición del relieve y drenaje, relacionados desde luego, con los estratos geológicos y la forma del terreno.

En distritos donde hayan pocos caminos, lo mejor es recorrerlos primero con el equipo completo para exámenes de suelo y materiales de cartografía. Las áreas que quedan entre los caminos se llenan luego, por medio de travesías a pié, planeadas de acuerdo con estimaciones previas de las condiciones que se espere encontrar. Los viajes largos pueden hacerse parcialmente por medio de botes o de animales de carga, llenando luego el resto por medio de caminatas desde las estaciones mayores de control.

A lo largo de las travesías se pueden tomar notas abundantes, de valor en la definición de las asociaciones de suelos. Algunas de estas notas pueden ponerse directamente con lápiz en el mapa. El grado de detalle cartográfico debe ser uniforme, excepto cuando se indica con claridad en el mapa otra cosa o cuando se indica en un esquema adjunto de confiabilidad relativa.

En áreas cubiertas por mapas de reconocimiento de suelos, la accesibilidad al territorio puede variar mucho. Algunas partes pueden cubrirse con detalle considerable mientras que otras solamente a intervalos muy amplios. Estas diferencias pueden indicarse en un diagrama que se puede imprimir bajo la leyenda del mapa publicado. Ciertas áreas pueden dejarse en blanco como "inexploradas". La utilidad de los mapas de reconocimiento en las cuales se hayan usado dos grados muy diferentes de detalle, puede incrementarse por medio del uso de colores sólidos en las zonas levantadas con "detalle estándar" y usando barras proporcionales de color de acuerdo con la proporción estimada de cada asociación en aquellas zonas examinadas con menor detalle.

Interpretaciones

En los estudios de reconocimiento se requieren dos niveles o clases de interpretaciones: 1) de las asociaciones de suelos como unidades y 2) de las unidades taxonómicas individuales que componen las asociaciones. Para ambas son de gran ayuda las áreas-muestra levantadas en forma detallada.

En donde sea posible, deben darse los mismos conjuntos de pronósticos acerca de rendimiento y prácticas de manejo para cada una de las unidades taxonómicas y fases detalladas tal y como se hace en los lévantamientos detallados de suelos. Muchos de los usos de un mapa de reconocimiento se relacionan con pequeñas áreas como son los campos y fincas que son muy pequeños para ser mostrados en el mapa. Al lector se le puede dar pistas, especialmente por medio del

uso de claves de suelos dentro de cada asociación, que le permitan distinguir en el terreno los tipos locales de suelos dentro de la asociación. Luego puede seleccionar las recomendaciones apropiadas y las interpretaciones para el tipo y fase locales, a partir de las tablas del texto.

Para muchos de los usos de un estudio de reconocimiento de suelos, es necesario sugerir las posibilidades de colonización o mejoramiento de zonas muy amplias. Deben explicarse, en términos de los resultados revelados por el estudio, los problemas y recomendaciones para la reducción de inundaciones, potencialidades forestales, etc. En una medida posiblemente mayor a la usada en levantamientos detallados de suelos, para la interpretación de los mapas y clasificaciones usadas en los estudios de reconocimiento, el edafólogo debe integrar sus datos y juicios con los de otros especialistas, de acuerdo con la naturaleza del problema a cuya solución deba contribuir el estudio.

Desarrollo de un programa de estudio de suelos para áreas no desarrolladas

En muchas áreas no desarrolladas se necesitan, tan pronto como sea posible, los resultados de la clasificación de suelos, y esto mucho antes de que haya tiempo de realizar la investigación necesaria para establecer todas las unidades taxonómicas que eventualmente se necesitarían. En tales áreas se puede seguir el procedimiento siguiente o una variación práctica, de acuerdo con las condiciones y problemas locales:

1. Se compila un mapa esquemático de asociaciones de suelos del área, tomando como base para ello los datos disponibles sobre suelos, geología, relieve, vegetación y clima. La escala de un mapa de esta índole varía de 1:100.000 hasta 1:500.000 elegida de acuerdo con las fuentes locales de información y con las condiciones de los suelos.

2. Se seleccionan una o más áreas representativas en cada asociación importante y en ella o ellas se clasifican y levantan detalladamente los suelos, tal y como se ha explicado en este **Manual** que se hace en un levantamiento detallado básico de suelos (3). Es mejor localizar áreas representativas compactas que usar fajas angostas elegidas al azar. Estas muestras deben ser lo suficientemente grandes para ser representativas y para que revelen la forma en que se encuentra la unidad en la asociación.

Como parte del procedimiento del levantamiento de suelos, se necesita un laboratorio adecuado para determinaciones físicas y quí-

(3) Las asociaciones de suelos compuestas totalmente de Litosoles u otros suelos inapropiados para uso, no requieren muestras detalladas para definiciones adecuadas.

micas básicas de muestras de los horizontes del suelo y para comparar cualquier suelo arable actualmente en uso con los suelos vírgenes, así como entre sí. En donde sea posible establecerse en las principales unidades taxonómicas contrastantes, lotes de investigación para determinar la adptabilidad de los cultivos, los requerimientos de fertilizantes, prácticas de cultivo, etc.

3. Para cada área muestra, se desarrolla una clave de los suelos **dentro de las asociaciones,** que permita la reunión de todas las unidades en un sistema de clasificación para el área total, así como el entrenamiento de consejeros agrícolas acerca de la identificación de los suelos locales.

4. Se debe desarrollar el mejor conjunto posible de pronósticos de interpretaciones para cada unidad local de suelos, en términos de adaptabilidad de cultivos, pastos y especies forestales, especies y variedades de cultivos adaptados, rendimientos estimados, requerimientos de manejo y los efectos de conjuntos de prácticas de manejo sobre una producción sostenida.

5. Se pueden mantener en cada zona conferencias de campo para los consejeros agrícolas locales y otros técnicos agrícolas. En ellas estas personas pueden recibir explicaciones de cómo usar la clave de suelos, cómo reconocer los tipos y fases locales y cómo usar las tablas de pronósticos o recomendaciones.

6. El mapa de la región se revisa por medio de los métodos del levantamiento de reconocimiento y se prepara una leyenda mejorada de las asociaciones de suelos, basada sobre la investigación en el área muestra.

7. El mapa de reconocimiento de suelos, una vez terminado, se publica junto con el informe, el cual debe contener un conjunto de los mapas muestra y una clave para los suelos de la región en su totalidad, junto con pronósticos e interpretaciones aplicables, por tipos y fases locales, a las fincas y campos locales tanto como para las asociaciones en su totalidad.

Después de realizado un reconocimiento de esta índole, se puede levantar detalladamente los suelos de aquellas partes de la región que tengan las mayores posibilidades, considerando las relaciones complementarias de todos los recursos disponibles: suelos, bosques, agua y minerales, y la oportunidad del establecimiento de otros servicios: hospitales, transporte, centros comerciales, y similares.

BIBLIOGRAFIA GENERAL

En esta bibliografía se sugieren libros y trabajos que es necesario tener en la biblioteca básica de referencia de una oficina permanente de levantamiento de suelos. A ello deben agregarse los libros y boletines que traten de los suelos de la región bajo estudio, su flora, clima, geología, geografía y agricultura. También pueden ser útiles muchas de las referencias anotadas al pié de las páginas en las discusiones hechas en este Manual acerca de tópicos específicos. Además, la biblioteca de referencia debe incluir las publicaciones periódicas que tratan acerca de la ciencia del suelo, incluyendo "Soil and Fertilizers" publicada por el Commonwealth Bureau of Soil Science, Harpenden, Inglaterra, el cual incluyen resúmenes de libros, revistas, boletines y artículos importantes que pueden ser agregados a la biblioteca. Cada oficina de levantamiento de suelos debe hacer un esfuerzo especial para establecer intercambio de publicaciones con otras oficinas del mundo en donde se trabaje con suelos similares.

BEAMAN, W. M.
1928 TOPOGRAPHIC MAPPING. U.S. Geol. Survey Bul. 788: 161-378, illus.

BEAR, FIRMAN E., ed.
1945 METHODS IN CHEMICAL ANALYSIS OF SOILS. Soil Sci. 59 (1): 109.
1949 SOIL CLASSIFICATION. Soil Sci. 67: 77-191.

BLACK, J. D., CLAWSON, M. SAYRE, C. R., and WILCOX, W. W.
1947 FARM MANAGEMENT. 1073 pp., illus. New York.

CLARKE, F. W.
1924 THE DATA OF GEOCHEMISTRY. Ed. 5, U.S. Geol. Survey Bul. 770, 841 pp.

COHEN, M. R., and NAGEL, E.
1939 AN INTRODUCTION TO LOGIC AND SCIENTIFIC METHOD. 467 pp. New York.

COTTON, C. A.
1942 CLIMATIC ACCIDENTS IN LANDSCAPE-MAKING. 354 pp., illus. London, and Christchurch, New Zealand.
1948 LANDSCAPE AS DEVELOPED BY THE PROCESSES OF NORMAL EROSION. Ed. 2, 509 pp., illus. Christchurch and New York.

FENNEMAN, N. M.
1931 PHYSIOGRAPHY OF WESTERN UNITED STATES. 534 pp., illus. New York.
1938 PHYSIOGRAPHY OF EASTERN UNITED STATES. 714 pp. illus. New York.

FLINT, R. F.
1947 GLACIAL GEOLOGY AND THE PLEISTOCENE EPOCH. 589 pp., illus. New York.

GLINKA, K. D.
1927 THE GREAT SOIL GROUPS OF THE WORLD AND THEIR DEVELOPMENT. (Transl. by C. F. Marbut) 235 pp., Ann Arbor, Mich.

HITCHCOCK, A. S.
1951 MANUAL OF THE GRASSES OF THE UNITED STATES. U.S. Dept. Agr. Misc. Pub. 200, Ed. 2, 1051 pp., illus. (Rev. by Agnes Chase).

IGNATIEFF, V., de
1949 EFICIENT USE OF FERTILIZERS. Food and Agr. Organ of U.N. Agr. Studies N° 9, 182 pp., illus. Washington.

INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE.
1928 PROCEEDINGS AND PAPERS. 4, v., lst. Internatl. Cong. Washington.
1933 PROCEEDINGS AND PAPERS. 6 v., 2d. Internatl. Cong. Moscow.
1935 PROCEEDINGS. 3 v., 3d. Internatl. Cong. London.
1950 PROCEEDINGS. 3 v., 4th Internatl. Cong. Amsterdam.

JENNY, H.
1941 FACTORS OF SOIL FORMATION. 281 pp., illus. New York.

KEMP, J. F.
1923 A HANDBOOK OF ROCKS FOR USE WITHOUT THE MICROSCOPE. Ed. 5, 282 pp., illus. New York.

KILMER, V. J., and ALEXANDER, L. T.
1949 METHODS OF MAKING MECHANICAL ANALYSIS OF SOILS. Soil Sci. 68: 15-24.

LOBECK, A. K.
1939 GEOMORPHOLOGY. 731 pp., illus. New York.

LONGWELL, C. R., KNOPF, A., FLINT, R. F., SCHUCHERT, C., and DUNBAR, C. O.
1941 OUTLINES OF GEOLOGY. Ed. 2, 381 + 291 pp., illus. New York.

LUTZ, H. F., and CHANDLER, R. F., Jr.
1946 FOREST SOILS. 514 pp., illus. New York.

MARBUT, C. F.
1935 SOILS OF THE UNITED STATES. In. U.S. Dept. Agr. Atlas of American Agriculture, pt. 3, Advance Sheets N° 8, 98 pp., illus.

MICHIGAN STATE HIGHWAY DEPARTMENT.
1946 FIELD MANUAL OR SOIL ENGINEERING. Rev. ed. 304 pp., illus. Lansing.

MILLER, E. C.
1938 PLANT PHYSIOLOGY, WITH REFERENCE TO THE GREEN PLANT. Ed. 2, 1201 pp., illus. New York and London.

NEUSTRUEV, S. S.
1927 GENESIS OF SOILS. Russ. Pedol. Invest. 3, Acad. Sci., 98 pp. Leningrado.

OLMSTEAD, F. R., HICKS, L. D., and BODMAN, G. B.
1949 ENGINEERING USE OF AGRICULTURAL SOIL MAPS. Highway Res. Bd. Bul. 22, 128 pp., illus.

PEECH, M., and others.
1947 METHODS OF SOIL ANALYSIS FOR SOIL FERTILITY INVESTIGATIONS. U.S. Dept. Agr. Cir. 757, 25 pp.

ROBINSON, G. W.
1950 SOILS, THEIR ORIGIN CONSTITUTION, AND CLASSIFICATION; AN INTRODUCTION TO PEDOLOGY. Ed. 3, 573 pp., illus. London.

RUSSELL, SIR E. J.
1950 SOIL CONDITIONS AND PLANT GROWTH. Ed. 8, 635 pp., illus. London and New York. (Rev. by E. W. Russell).

SMITH, GUY D.
1942 ILLINOIS LOESS — VARIATION IN ITS PROPERTIES AND DISTRIBUTION: A PEDOLOGIC INTERPRETATION. Ill. Agr. Expt. Sta. Bul. 490: 137-184, illus.

SMITH, H. T. U.
1943 AERIAL PHOTOGRAPHS AND THEIR APPLICATIONS. 372 pp., illus. New York.

SNEDECOR, G. W.
1946 STATISCAL METHODS APPLIED TO EXPERIMENTS IN AGRICULTURE AND BIOLOGY. 485 pp., illus. Ames, Iowa.

SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA
1942 LIFE AND WORK OF C. F. MARBUT. 271 pp., illus. Columbia, Mo.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE.
1938 SOILS AND MEN. U.S. Dept. Agr. Yearbook. 1232 pp., illus.
1941 CLIMATE AND MAN. U.S. Dept. Agr. Yearbook, 1248 pp., illus.
1948 GRASS. U.S. Dept. Agr. Yearbook, 892 pp., illus.

UNITED STATES REGIONAL SALINITY LABORATORY.
1947 DIAGNOSIS AND IMPROVEMENT OF SALINE AND ALKALI SOILS. Ed. by L. A. Richards. 157 pp., illus. (Processed).

VON ENGELN, O. D.
1942 GEOMORPHOLOGY. 655 pp., illus. New York.

WALLACE, T.
1951 THE DIAGNOSIS OF MINERAL DEFICIENCIES IN PLANTS BY VISUAL SYMPTOMS. Ed. 2, 107 pp. + 312 pls. London.

BIBLIOGRAFIA ESPECIAL DE LEVANTAMIENTO DE SUELOS

En esta sección se presenta una bibliografía de levantamientos de suelos desarrollados por el programa de Levantamientos de Suelos Nacional Cooperativo y publicados por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Se han hecho algunas selecciones para que sirvan de ilustración de levantamientos publicados o por publicar en el futuro inmediato, realizados en condiciones de regiones de suelos muy contrastantes y con arreglos variados de mapas e informes. Puede ser que se hayan seleccionado para algunas regiones informes muy buenos; para otras puede ser que el escogido tenga aún serias deficiencias si se le juzga con los requerimientos actuales.

El progreso alcanzado en clasificación de suelos, cartografía e interpretación ha sido tan rápido en los años recientes, en el tiempo transcurrido desde que apareció la edición anterior de este **Manual,** que son pocos los levantamientos hechos antes de 1940 que pueden ser hechos de nuevo en la misma forma. Por este motivo el estudiante encontrará inconsistencias entre los métodos usados en muchos de los levantamientos recientemente publicados, incluyendo los de esta lista y los que se han esbozado por este *Manual*. Esto es de esperar en un campo de investigación que está creciendo activamente. Son muchos los métodos que deben probarse en los levantamientos actuales antes de que se pueda hacer una juiciosa selección.

Hay actualmente unos 100 o más levantamientoos de suelos de excelente calidad, que están bajo ejecución de campo y que se están preparando para publicación o que están en proceso de impresión. Esta lista se ofrece como guía general de lectura que puede ser útil tanto a profesores como estudiantes de levantamiento de suelos. Existen, además de ellos, muchos buenos ejemplos de otros países y algunos levantamientos especiales publicados por estaciones experimentales agrícolas de algunos Estados de los Estados Unidos.

Levantamiento de Suelos del Area de Casa Grande. Poulson E. N., Wildermut, Robert, y Harper, W.G., U.S.Dept. Agr. Soil Survey Ser. 1936, Nº 7, 94 pp., illus. 1941.

El Area de Casa Grande está en la región edáfica del Desierto Rojo (Red Desert) de la parte surcentral de Arizona. Los cultivos principales bajo riego son algodón y alfalfa.

La escala de publicación del mapa es de 1:62.500. Las 129 unidades cartográficas han sido agrupadas en 17 colores basados en las características físicas del suelo y la leyenda se ha arreglado de acuerdo con la adaptabilidad relativa de los suelos para agricultura bajo riego. Las concentraciones relativas de sales solubles y álcali se muestran en el mapa por medio de líneas rojas y símbolos especiales.

Para descripción los suelos se agrupan en el informe de acuerdo con la cantidad de cal acumulada y el carácter físico de sus subsuelos, pero en la sección sobre Usos de la Tierra y Manejo, se dan recomendaciones de manejo de suelos para cada unidad edáfica y para los grupos mostrados en el mapa.

Aunque informes recientes como por ejemplo el del Condado de Tama, Iowa, son tal vez mejores, para el momento de su publicación este informe señala un paso de avance definitivo en cuanto especifica uso y las prácticas de manejo para suelos individuales.

Levantamientos de suelos del Condado Lee, Alabama, Wonser, C.H., Striker, M.M., Brackeen, L. G., McIntyre, C.L. y Sherard, Hoyt. U.S.Dept. Agr. Soil Survey Ser. 1938, Nº 23, 80 pp. illus. 1950.

El mapa e informe de este levantamiento trata de los suelos Podzólicos Rojo-Amarillos que se encuentran tanto en la provincia fisiográfica del Piedemonte como en la Llanura Costera en la parte sureste de los Estados Unidos. El mapa está publicado a escala de 1. 48.000 y las 66 unidades cartográficas se distribuyen en 22 agrupamientos de colores, en base a sus características físicas principales, como textura, consistencia, pendiente y drenaje. Como suplemento del mapa se incluye una tabla de las características físicas importantes de cada unidad cartográfica .

Las descripciones de los suelos en este informe se presentan en forma breve y compacta, lo cual ayuda a identificarlos. Se dan estimaciones de rendimiento y valoraciones de productividad para cada unidad cartográfica, tanto bajo las prácticas corrientes como bajo prácticas de manejo mejoradas. Se hacen 8 agrupaciones de suelos de acuerdo con los requerimientos de manejo y cultivo de pastos que está tomando lugar en partes del Sureste.

Aunque este informe no sobresale por la forma de tratar ningún punto particular se proporciona información sobre un número considerable de tipos de suelo comunes en el Piedemonte y la Llanura Costera.

dine, F.F. y grupo de estudio. U.S. Dept. Agr. Soil Survey Ser. 1944 Levantamiento de Suelos del Area Coalinga, California. Harra- (En prensa).

El Area de Coalinga está situada sobre el lado oeste del Valle de San Joaquín. Los principales cultivos de riego son avena, linaza y algodón. Los suelos zonales son similares a los Pardos y Pardo-Rojizos, aunque su identificación precisa como grandes grupos de suelos todavía no es definitiva. El mapa será publicado a escala 1: 63.360.

El informe es bueno aunque no excepcional. Las descripciones de las unidades edáficas es buena y hay secciones especiales acerca de Alcali, suministro de Agua, Riego y Erosión. Las 86 unidades cartográficas se valoran de acuerdo con su productividad general; se incluyen tablas con la adaptabilidad relativa de los suelos para uso intensivo y para cultivos específicos; también se dan las variaciones en rendimientos de los cultivos individuales por clases de adaptabilidad. Por medio de esquemas se muestra la distribución geográfica de las series de suelos de acuerdo con las divisiones fisiográficas del valle.

N. del T. A continuación se dan, excepción hecha del Levantamiento de Puerto Rico cuyo comentario se incluye completo, sólo los nombres de los demás estudios citados en el Manual.

Levantamiento de Suelos del Area de Akron, Colorado, Knobel, E. W. y grupo de estudio. U. S. Dept. Agr. Soil Surv. Ser. 1938. N° 14, 80 pp. illus. 1947.

Levantamiento de Suelos del Area del Grand Junction, Colorado. Knobel, E. W., Dansdill, R. K., y Richardson, M. L. U. S. Dept. Agr. Soil Survey Ser. 1940. (En prensa).

Levantamiento de Suelos del Area de Idaho Falls, Idaho. Mogen, C. A.; Poulson, E. N.; Poulson, A. E.; Van Slyke, E. J., y Colwell, W. E. U. S. Dept. Agr. Soil Survey Ser. 1939, N° 8, 69 pp., illus. 1950.

Estudio de Suelos del Condado St. Joseph, Indiana. Ulrich, H. P. y grupo de estudio. U. S. Dept. Agr. Soil Survey Ser. 1938, N° 27, illus. 1950.

Levantamiento de Suelos del Condado Tama, Iowa. Aandahl, A. R., y grupo de estudio. U. S. Dept. Agr. Soil Survey Ser. 1938, N° 22, 109 pp., illus. 1950.

Levantamiento de Suelos del Condado Taylor, Iowa. Leighty, Ralph G., y grupo de estudio (1). U. S. Dept. Agr. Soil Survey Ser. 1947 (En prensa).

---

(1) El informe fue preparado por W. H. Scholtes, F. F. Riecken y Guy D. Smith.

Levantamiento de Suelos del Condado Iron, Michigan. Foster, Z. C.; Veatch, J. O., y Schoenmann, L. R. U. S. Dept. Agr. Soil Survey Ser. 1930, Nº 46, 29 pp., illus. 1937.

Levantamiento de Suelos (Reconocimiento) del Area del Red River Valley, Minnesota. Nikiforoff, C. C., y grupo de estudio. U. S. Dept. Agr. Soil Survey Ser. 1933, Nº 25, 98 pp., illus. 1939.

Levantamiento de Suelos del Condado Jasper, Missouri. Shrader, W. D.; Springer, M. E.; Hamby, Robert; Pettijohn, W. J., y Miller, J. T. U. S. Dept. Agr. Soil Survey Ser. 1942 (En prensa).

Levantamiento de Suelos del Condado Strafford, New Hampshire. Shearin, A. E.; Williams, B. H.; Gladwin, F. J.; Howard, Montague Jr., y Coates, W. H. U. S. Dept. Agr. Soil. Survey Ser. 1940, Nº 5, 141 pp., illus. 1949.

Levantamiento de Suelos del Condado Jackson, North Carolina. Goldston, E. F.; Davis, W. A., y Croom, C. W. (2). U. S. Dept. Agr. Soil Survey Ser. 1938, Nº 19, 87 pp., illus. 1948.

Levantamiento de Suelos del Condado Morton, North Dakota. Edwards, M. J., y grupo de estudio. U. S. Dept. Agr. Soil Survey Ser. 1936, Nº 28, 145 pp., illus. 1951.

Levantamiento de Suelos del Area Deschutes, Oregon. Torgerson, E. F., y grupo de estudio (3). U.S. Dept. Agr. Soil Survey Ser. 1945 (En prensa).

Levantamiento de Suelos del Condado Unión, Pennsylvania. Bacon, S. R.; Taylor, David; Boileay, Alfred, y Yoder, Gerald. U. S. Dept. Agr. Soil Survey Ser. 1949, Nº 2, 115 pp., illus. 1946.

Levantamiento de Suelos del Condado Bedford, Tennessee. Strickland, L. J., y equipo (4). U.S. Dept. Agr. Soil Survey Ser. 1938, Nº 12, 120 pp., illus. 1947.

Levantamiento de Suelos del Condado Benton, Tennessee. Odom, L. E., y grupo de estudio. U. S. Dept. Agr. Soil Survey Ser. 1941. (En prensa).

Levantamiento de Suelos del Condado Grainger, Tennessee. Hubbard, E. H.; Matzek, B. L., y Jenkins, Clifton. U. S. Dept. Agr. Soil Survey Ser. 1940, Nº 4, 203 pp., illus. 1948.

Levantamiento de Suelos del Condado Brown, Texas. Templin, E. H.; Mowery, I. C.; Watkins, W. I.; Glassey, T. W., y Beck, M. W. U. S. Dept. Agr. Soil Survey Ser. 1939, Nº 4, 87 pp., illus. 1948.

Levantamiento de Suelos del Condado McLennan, Texas. Templin, E. H., y grupo de estudio. U. S. Dept. Agr. Soil Survey Ser. 1942 (En prensa).

---

(2) El informe fue revisado por M. G. Cline, R. C. Jurney y M. J. Edwards.
(3) El informe fue preparado por W. J. Leighty.
(4) El informe fue revisado por M. G. Cline, y R. C. Jurney.

Levantamiento de Suelos del Area Salt Lake , Utah. Jennings, D. S.; Youngs, F. O., y grupo de estudio. U. S. Dept. Agr. Soil Survey Ser. 1936, Nº 22, 83 pp., ilus. 1946.

Levantamiento de Suelos (Detallado - Reconocimiento) del Condado Kittitas, Washington. Smith, L. H.; Dwyer, C. H., y Schafer, George. U. S. Dept. Agr. Soil Survey Ser. 1937, Nº 13, 69 pp., ilus. 1945.

Levantamiento de Suelos de Hawaii. Cline, M. G., y grupo de estudio. U. S. Dept. Agr. Soil Survey Ser. 1939. (En prensa).

Levantamiento de Suelos de Puerto Rico. Roberts, R. C., y grupo de estudio. U. S. Dept. Agr. Soil Survey Ser. 1936, Nº 8, 503 pp., ilus. 1942. (Con resumen en español).

Los suelos de Puerto Rico están dispuestos en forma compleja e incluyen Latosoles, Podzólicos Rojo-Amarillos, Chernozem, Suelos Rojos Desérticos, Solonchak, y muchos otros. En realidad, es un museo natural. En las fincas, que varían desde pequeños huertos de subsistencia hasta grandes plantaciones azucareras, se cultivan una amplia variedad de plantas.

El mapa de suelos está publicado a una escala de 1: 50.000. En este mapa las 358 unidades cartográficas, se han agrupado en 40 grupos de colores de acuerdo con características físicas, relieve, posición fisiográfica, material originario y clima.

El informe incluye una descripción excelente de los cultivos principales y su cultivo, buenas descripciones de suelos, una tabla de valoración de la productividad y una discusión interesante acerca de la morfología y génesis del suelo.

Si este estudio fuera a hacerse hoy día, la cartografía se haría con más detalle y algunas unidades cartográficas serían subdivididas.

APENDICE I. PREPARACION DE MAPAS CON LA PLANCHETA

APENDICE II. PREPARACION DE MAPAS CON LA BRUJULA

El uso de aerofotografías en el levantamiento de suelos comenzó alrededor de 1926. Su uso ha aumentado constantemente hasta que entre 1936 y 1940 prácticamente han llegado a reemplazar todo otro medio como base para levantar suelos en el campo.

(**Nota del Traductor:** Aunque en donde no existen aerofotografías puede ser necesario o aconsejable usar mapas planimétricos, hemos creído que en la traducción de este **Manual** no es necesario incluir estos Apéndices, que en todo caso son solamente resúmenes (6 páginas en total) muy breves del uso de la plancheta y la brújula. En caso que fuera absolutamente necesario usar este tipo de levantamiento como base, siempre habrá que consultar obras completas al respecto o utilizar personal entrenado en topografía).

APENDICE III. NOTAS SOBRE COMPILACION Y REPRODUCCION DE MAPAS

Los mapas de suelos pueden ser compilados o construídos por medio de varios métodos diferentes. Las técnicas y métodos dependen principalmente del material que se use como base del levantamiento de suelos. Algunas técnicas permiten obtener mapas de mucha precisión a un costo bajo, en cambio otras, que se hacen necesarias debido al tipo de material base usado, conducen a mapas mucho menos precisos, a costos mayores, o a ambas cosas.

Cada trabajo debe planificarse antes de iniciar el trabajo de campo. Antes de comenzar la compilación del mapa, debe hacerse un estudio y análisis cuidadoso del material de campo, control existente, otros detalles del mapa y los requerimientos litográficos, para así seleccionar los métodos más económicos para obtener un mapa satisfactorio.

Este trabajo lo efectúan cartógrafos familiarizados con la cartografía y los levantamientos, capaces de juzgar el control necesario para los diversos métodos usados en la construcción de la base y el grado de exactitud que se puede esperar. Las personas que hoy en día compilan los mapas modernos de suelos, necesitan especialmente una buena comprensión de los varios tipos de aerofotografías así como tener habilidad en métodos fotogramétricos. Además deben conocer los métodos usados en composición cartográfica y procesamiento litográfico para poder preparar la clase de copia necesaria para una reproducción precisa y económica.

Para la preparación de mapas corrientemente se usa uno de tres métodos principales, aunque algunas técnicas son comunes a dos o más métodos: 1) Construcción de mapas base y levantamientos de suelos usando aerofotografías; 2) preparación de mapas base a partir de mapas ya publicados, sobre los cuales se delimitan los suelos; y 3) preparación de bases y levantamientos de suelos a partir de levantamientos originales con plancheta. Aunque algunos son más adaptables que otros, generalmente cualquiera de ellos puede adap-

tarse para lograr una estandarización razonable de técnicas y procedimientos. Las combinaciones de dos o más métodos aumentan las dificultades en la construcción de los mapas.

Métodos de construcción de mapas a partir de aerofotografías.

Los métodos de construcción de mapas a partir de aerofotografías son diversos. También son diversos los instrumentos usados y las clases de mapas producidos. El productor más grande de mapas topográficos en los Estados Unidos, el Levantamiento Geológico de los Estados Unidos, ha encontrado a través de muchos años de investigación que, para que sus mapas publicados alcancen los requerimientos modernos de exactitud estándar, es necesario usar en su trabajo fotogramétrico instrumentos de trazado estereoscópico como el Múltiplex, el Aerocartógrafo, el Twinplex Plotter y el Kelsh Plotter. Varias otras agencias cartográficas usan ya sean estos instrumentos u otros similares. El Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos mantiene una estación experimental en donde se prueban y valoran todo tipo de instrumentos.

Se pueden hacer mapas planimétricos con un alto grado de exactitud uniforme usando aerofotografías y sin la ayuda de equipo de trazado estereoscópico. Sin embargo, en áreas con bastante relieve, el trabajo se puede realizar con mayor precisión y economía con un instrumento de esta índole.

Para lograr una orientación adecuada y la localización del detalle planimétrico de las aerofotografías, la Sección de Cartografía de la División del Levantamiento de Suelos usa el método de la "plantilla ranurada" (slotted templet) (1). Este método se adapta a las necesidades del Levantamiento de Suelos porque provee una precisión razonable de triangulación radial, o establecimiento de puntos secundarios de control, con un mínimo de trabajo y material. Por su medio el cartógrafo puede utilizar puntos de control muy dispersos, lo cual es especialmente importante ya que son pocos los grupos de levantamientos de suelos que pueden ser equipados y dotados de personal para establecer control.

Dicho brevemente, el método de la plantilla ranurada se basa en el principio de que las líneas que radian desde el centro de cada aerofotografía, conducidas a través de puntos comunes identificados en el traslapo de las fotografías se interceptarán y darán la localización correcta de cada punto cuando se les ha dispuesto en forma correcta. En primer lugar los puntos de control terrestre se marcan en las aerofotografías por medio de un pinchazo. Además, normalmente, en cada aerofotografía se identifican y pinchan nueve puntos. Muy cerca del centro geométrico de la aerofotografía se selecciona un punto el cual se transfiere estereoscópicamente al tras-

(1) Para detalles del método véase a KELSH, H. T. THE SLOTTED-TEMPLET METHOD FOR CONTROLLING MAPS MADE FROM AERIAL FOTHOGRAPH. U. S. Dept. Agr. Misc. Pub. 404, 30 pp., illus. 1940.

lapo de la fotografía que le sigue y a la que le antecede en la línea de vuelo. Luego se pinchan tres puntos paralelos con los puntos centrales, uno en cada esquina y el otro en el centro, sobre ambos lados de la fotografía y en el traslapo lateral común de las fotografías de los vuelos paralelos inmediatos.

Una vez identificados y pinchados los puntos radiales en todas las fotografías (ya los puntos de control terrestre han sido pinchados previamente) se coloca cada una sobre una cartulina brístol cortada a su tamaño, a la cual se trasladan los pinchazos o agujeros, de modo que quede convertida en plantilla de la fotografía. Las plantillas (templets) vienen a ser entonces facsímiles de las fotografías en el sentido de que todos los puntos radiales de control terrestre mantienen las mismas relaciones geométricas entre sí. En el punto central de la plantilla se hace un hueco pequeño; luego se la coloca en un ranurador y se procede a cortar radialmente ranuras alargadas, con un ancho igual al diámetro del hueco central; estas ranuras parten del centro y pasan por todos los otros puntos pinchados desde las fotografías hasta las plantillas. Los puntos radiales deben quedar en el centro de las ranuras. El centro de cada fotografía traslapante se repone con una ranura y los otros seis puntos, tres de cada lado, son repuestos con ranuras. Ocasionalmente, en áreas en donde existen diferencias de relieve considerables, se pinchan y ranuran puntos adicionales para evitar ajustes al compilado en el momento de transferir detalles fotográficos al mapa base. La armadura de mapas básicos puede hacerse a escalas diferentes a las de las fotografías reduciendo o alargando simplemente la distancia del centro de las ranuras al punto central de la plantilla en relación con la escala conocida de las fotografías y la escala que se desee en el mapa.

Une vez hecho esto, los moldes se encuentran listos para armar sobre una proyección, corrientemente policónica, la cual se construye a la escala requerida en el mapa base y a la misma escala que los moldes (fig. 60). La proyección que se usa para la armadura de los moldes se construye sobre hojas de "masonite" montadas rígidamente, cuya superficie ha sido pintada con dos o más manos de barniz. Esta superficie se pule y la proyección se construye y entinta con líneas finas. Todos los puntos de control terrestre identificados y pinchados en las fotografías y ranurados en las plantillas son luego dibujados cuidadosamente sobre la proyección de acuerdo con sus posiciones geográficas. Sobre cada punto de control terrestre dibujado se fija con precisión un perno redondeado de metal de base plana con su eje agujereado por donde pasa una aguja. Luego los moldes se disponen por vuelos, con las ranuras de las estaciones de control terrestre dispuestas en tal forma que se ajusten con muy poca diferencia sobre los pernos de las estaciones de control. En los huecos centrales y en las ranuras de todos los puntos radiales se colocan pernos adicionales. Estos últimos se ponen hacia arriba, con la cabeza contra la proyección de modo que queden libres para mo-

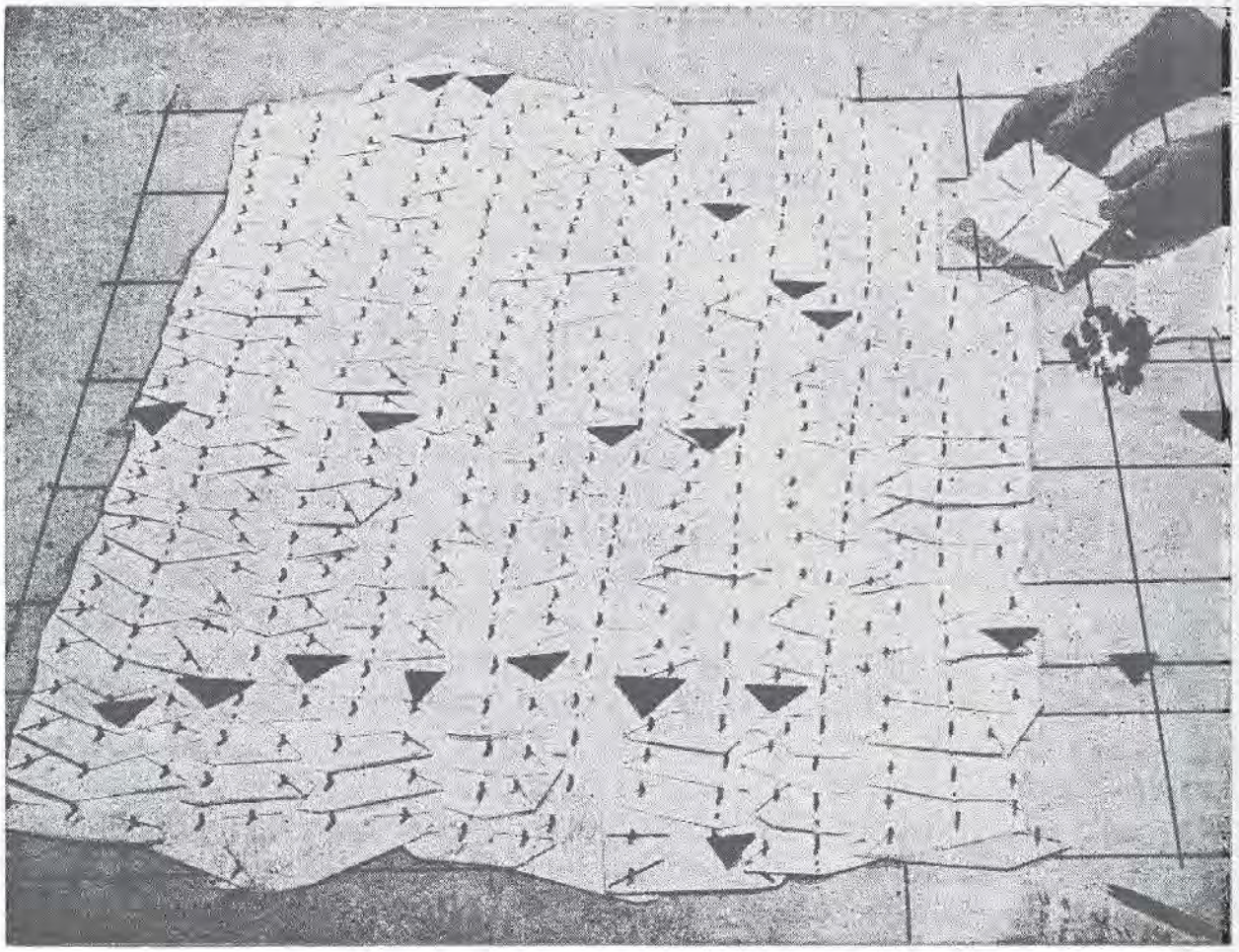


Fig. 60. — **Vista que muestra la disposición de las plantillas sobre una tabla barnizada en la cual se han entintado líneas de proyección.**

verse longitudinalmente a lo largo de la ranura. De este modo el centro de cada perno llegará a su verdadera posición en una forma mecánica cuando las ranuras de todos los moldes que se traslapan se coloquen sobre el perno y se forcen a su posición. Los huecos de los pernos representan así los centros fotográficos originales y los puntos radiales identificados y pinchados sobre las fotografías; pero ahora los puntos están localizados en sus verdaderas posiciones sobre las proyecciones, tal como estaban sobre la superficie del terreno.

Una vez completada la disposición de las plantillas se pincha en la proyección base, con una aguja, a través del hueco del perno cada punto radial. Una vez hecho esto, se remueven las plantillas, se identifican los puntos y se entinta un pequeño círculo alrededor de cada uno. Con esta operación se completa el trabajo de las plantillas ranuradas.

La proyección, los puntos de control terrestre y los puntos radiales son luego transferidos a láminas de vinilita plástica transparente que se usan como base de compilación para el mapa. Las fotografías se colocan en proyectores que se ajustan por aumento o reducción hasta alcanzar la escala de la base de compilación; luego se trazan con lápiz sobre la vinilita todos los rasgos básicos del mapa. Los puntos de triangulación radial juegan aquí un papel im-

portante ya que permiten al compilador ajustar la imagen reflejada de la fotografía y la misma base de compilación a la misma escala relativa entre los puntos radiales, los cuales son visibles sobre cada una. Dentro de las áreas limitadas por tres o cuatro puntos radiales se necesitan ajustes adicionales, los cuales son realizados visualmente por el compilador quien usa como base las ligeras diferencias de escala de los puntos. Una vez que han sido delineados sobre las bases todos los rasgos necesarios, se procede a entintar. Este mapa sirve como manuscrito para las fases adicionales de la preparación del mapa.

Para el trabajo de ordenamiento de las plantillas ranuradas no se necesitan instrumentos estereoscópicos costosos. En realidad los únicos instrumentos necesarios son: estereoscopios, reglas de precisión, cortadores de huecos y ranuras, proyectores y mesas de dibujo con luz. En lo único que se debe gastar es en las fotografías y la lámina brístol. Los demás instrumentos son pequeños y corrientemente se encuentran en toda oficina cartográfica bien equipada. Aún las fotografías usadas con las del tipo menos costoso —copias de contacto no rectificadas.

Con extremo cuidado, paciencia y exactitud se pueden construir mapas de suelos confiables. La construcción fotogramétrica requiere personal bien entrenado en topografía, fotogrametría y foto interpretación y con alguna apreciación de la disposición de los suelos y sus relaciones con los otros rasgos físicos.

Métodos para compilar mapas de suelos a partir de mapas existentes

Los mapas de suelos también pueden compilarse sobre mapas ya publicados, de alta calidad, de publicación reciente. Las técnicas varían con la clase de mapa, la forma de las hojas de campo y otros factores.

En este método se emplean los negativos de las láminas de separación de color del mapa original. De los negativos se reproducen, sobre plásticos dimensionales estables, impresiones en negro del drenaje y otras características. También se reproduce una composición no fotográfica del mapa base para transferir, ajustar y correlacionar los datos edáficos. Después que estos han sido ajustados a la composición no fotográfica se transfieren por medio de procesos fotográficos, a la impresión en negro de la lámina de drenaje y rasgos culturales. Este método de compilación produce copias adecuadas para reproducción por litografía, sin que sea necesario reentintar el drenaje y rasgos culturales del mapa original. Sin embargo, requiere las técnicas normales de terminación para datos edáficos, los cambios necesarios en rasgos de drenaje y culturales y agregar o mover los nombres de lugar y los datos marginales.

En otros métodos de compilación, los mapas ya publicados se usan simplemente como manuscritos. Un conjunto de los mapas base que tienen los datos edáficos se ordenan y ajustan hasta que calcen una cuadrícula guía para los tamaños de hojas deseados. Una vez que los mapas han sido ordenados y copiados se reproducen en imágenes no fotográficas sobre materiales dimensionalmente estables. Las imágenes no fotográficas son luego usadas como manuscrito para terminar las diversas separaciones de color para la copia litográfica.

En el arreglo de mapas de suelos a partir de hojas de plancheta se usan técnicas similares a las usadas para mapas a partir de cuadrángulos publicados. El ajuste de las hojas de plancheta corrientemente es más complicado y frecuentemente requiere proyección óptica de los datos para acopiar el manuscrito. Una vez completado el mapa manuscrito, la terminación de la separación de colores sigue las mismas técnicas utilizadas en otros métodos.

Acabado del mapa

El acabado del mapa requiere la preparación de separaciones de color apropiado para copia litográfica directa. Esta operación abarca el acabado del trabajo linear de acuerdo con los estandars prescritos, el bloqueo de las áreas de suelo para las pantallas de color, la disposición de la colocación de los letreros y el arreglo de los nombres lugareños, notas marginales, márgenes y leyendas.

Para reproducir el mapa de suelos en colores es necesario preparar una lámina separada para cada grupo de características que va a ser coloreada con un mismo tinte. Se usa una lámina para todos los rasgos que van a ser impresos en negro, otra para los que van a ser impresos en azul, y otra para cada uno de los tintes separados de los tres colores primarios, azul, rojo y amarillo usados para las áreas de suelos. El uso de pantallas rayadas con los tres últimos colores hacen posible obtener un total de 63 tintes en el mapa publicado. Si se usan dos láminas de color en combinación con pantallas rayadas, se pueden obtener 15 tintes. Aunque con un mayor número de láminas adicionales se puede obtener un número mucho mayor de tintes, el costo aumenta notablemente debido al número extra de veces que la imprenta tiene que trabajar y al costo adicional de la separación de negativos. En vista de que el uso de muchos colores en el mapa es costoso, este debe mantenerse al mínimo.

Para obtener estas láminas de color, el mapa manuscrito se reproduce en una imagen no fotográfica en papel o vidrio montados sobre una armadura metálica. Para cada color o tinte propuestos se hace una lámina separada. Luego se entintan sobre la lámina específica los símbolos y áreas que van a ser reproducidos en el color dado.

En el acabado de mapas es una práctica estandar entintar en papel montado sobre hojas de aluminio para mantener el cambio dimensional a un mínimo. El mapa manuscrito se reproduce en azul

no fotográfico sobre un conjunto de estas láminas. Los rasgos culturales, los símbolos de suelos y los linderos y rotulación se terminan en negro, usando como guía la imagen no fotográfica del manuscrito. El drenaje se entinta en negro en otro conjunto de láminas. En vista de que estas láminas son para reproducción directa, el entintado debe seguir especificaciones rígidas para símbolos, espacios y densidad de las líneas. Las láminas de color se obtienen opacando las áreas a colorear sobre una capa de acetato colocada sobre la lámina del suelo o sobre un conjunto adicional de láminas delineadas con azul.

En otro método común de acabado de mapas, el mapa manuscrito se reproduce sobre láminas de vidrio que han sido cubiertas y sensibilizadas con una solución opaca. El dibujo se hace sobre este vidrio, el cual sirve como negativo para una lámina de imprenta o para reproducir una copia plástica en blanco y negro, la cual puede usar como copia el litógrafo. La copia plástica es necesaria si la escala final del mapa va a ser diferente de la escala de compilación. Los tintes de color se preparan de copias plásticas delineadas con azul.

La técnica del dibujo sobre vidrio puede usarse cuando el levantamiento de suelos se ha hecho sobre mosaicos aerofotográficos y cuando el mapa se ha de reproducir con fondo fotográfico. Los mosaicos que tienen los datos edáficos se reproducen con una pantalla de mediotono y se imprimen sobre una lámina de vidrio revestida. Luego se dibujan los datos del levantamiento sobre una lámina de vidrio separada, una para cada color, las cuales sirven como negativo. Para los rasgos culturales, drenaje y suelos, se hacen láminas de imprimir de negativos de medio-tono y de negativos de vidrio separados. El trabajo de grabación debe hacerse siguiendo estandars muy altos de precisión, con instrumentos de dibujo especiales para grabar los caminos, drenaje, casas, linderos de suelos y otros rasgos.

Todos los letreros que se usan en mapas de suelos se preparan con letras de imprenta, de tipo y tamaños corrientes. El tipo se escoge e imprime sobre hojas delgadas y transparentes de acetato. Hojas pequeñas con los letreros apropiados se revisten con una cera adhesiva y se aplican al mapa terminado.

Edición del mapa y corrección de pruebas

Al mapa manuscrito normalmente se le debe dar una revisión completa. El control, las proyecciones, los rasgos culturales, drenaje, linderos de suelos, símbolos de suelos y todos los factores que afectan la precisión del mapa se deben revisar e inspeccionar cuidadosamente. Como el mapa manuscrito no está aún en forma final no se pueden controlar en este estado de avance su calidad para reproducción ni su apariencia final. Sin embargo, por medio de una re-

visión cuidadosa se pueden hacer la mayor parte de las correcciones que afecten su exactitud antes de que esté preparado en forma definitiva.

Después que se han entintado o dibujado sobre vidrio las separaciones de color se revisan las láminas en cuanto a apariencia y calidad del trabajo de dibujo. Se deben revisar los símbolos utilizados, el espaciamiento y grosor de las líneas, la densidad del trabajo de entintado, la ubicación y ortografía de los letreros, el arreglo de la leyenda, notas marginales y todos los demás factores que afecten la apariencia final del mapa.

Una vez completada esta revisión, es necesario hacer una prueba para comprobar la separación de los diversos colores: para ello se reproduce en color una copia compuesta con los diversos colores. Para hacer la copia de color se usan varios procesos fotográficos y de impresión directa. Luego se revisa el impreso coloreado para asegurarse que los tintes cubren las áreas apropiadas, que tienen los colores y formas debidos y que la combinación de diversos tintes ha producido los efectos deseados. Por último se procede a revisar los rasgos diversos y a hacer una cuidadosa inspección de la legibilidad del mapa en su totalidad.

Reproducción del mapa y litografía

En todo el proceso de preparación del mapa de suelos es esencial disponer de facilidades adecuadas para reproducción de mapas. En primer lugar, se suple a los técnicos de campo con copias de contacto o con copias aumentadas de aerofotografías, copias de las varias formas de mapas base, o mosaicos controlados. Conforme se realiza la preparación del mapa, se copian y reproducen las hojas de campo; se reproducen sobre papel montado en metal y vidrio los mapas manuscritos; se imprimen copias de las varias láminas de separación de color para disponer los letreros y para trabajos editoriales; se hacen composiciones en blanco y negro para determinación de área y para corrección; y se usan pruebas coloreadas para revisión final. En el informe del levantamiento de suelos se usan mapas especiales, dibujos lineales, etc. Se requiere un personal con habilidad en una amplitud de labores.

Todas las reproducciones finales de la División del Levantamiento de Suelos de los Estados Unidos son hechas por litografías comerciales, bajo contrato. La Sección Cartográfica prepara las especificaciones, estima los costos e inspecciona y controla el trabajo antes de su aceptación.

Los litógrafos preparan las láminas litográficas a partir de las separaciones de color terminadas que se les suministran. Estas son hechas ya sea por copia fotográfica o por impresión directa, lo cual depende del material entregado y de si se requieren cambios de escala. Las láminas litográficas se montan en el prensa láminas, se

entintan los rodillos y se hacen pasar hojas por la imprenta para obtener una impresión de un color. Luego se pone en la imprenta la lámina para el color siguiente, se entintan los rodillos y se imprime el segundo color sobre los mismos mapas. Este proceso se continúa hasta que se hayan impreso todos los colores y se obtenga el mapa coloreado final.

Durante este proceso el litógrafo suministra a los edafólogos las pruebas litográficas. La primera muestra los rasgos culturales, drenaje y linderos de suelos y la segunda muestra los tintes. La última prueba combinada generalmente se le envía al jefe del levantamiento y a otras personas que hayan cooperado en el estudio. Como las hojas de campo son retenidas en la Sección Cartográfica, esta prueba combinada se revisa aquí únicamente en lo referente a títulos, líneas y cosas similares. Cuando es posible hacerlo, se da al jefe del levantamiento una oportunidad para revisar el mapa una vez realizada la revisión de separación de colores y antes de enviarlo al litógrafo. Cualquier corrección necesaria se puede hacer en este momento a un costo mínimo. Las correcciones que se hacen después de recibir la prueba litográfica final son muy costosas y deben evitarse a menos que sean absolutamente necesarias. Cuando las copias de prueba no requieren cambios se debe acusar por carta su recibo correcto.

APENDICE IV.—DESCRIPCIONES MUESTRA DE SERIES DE SUELOS

A continuación se dan, como guías generales, unas pocas descripciones de series de suelos. En vista de que se dan como estandars oficiales, se han sacado de un gran número de descripciones individuales de suelos. Un perfil real de suelo debe, desde luego, representar algún tipo incluído en la serie. Conforme avanza la investigación, las descripciones deben ser revisadas de tiempo en tiempo.

Serie Barnes

Los suelos Barnes son Chernozems desarrollados sobre "till" glacial muy calcáreo, perteneciente a la edad del Wisconsin Superior. Una precipitación moderadamente baja (400 a 550 mm.), una abundante vegetación gramínea alta y un buen drenaje se combinan para suministrar condiciones ideales para el desarrollo en estos suelos de los colores negros más profundos. Los suelos Barnes se diferencian de los Clarion de la región de suelos de Pradera, en que tienen horizontes superficiales ligeramente más delgados pero más oscuros y una estructura prismática en sus horizontes B más fuertemente desarrollada. Se pueden distinguir de los suelos Williams de la región de suelos Castaños por sus capas superficiales más oscuras y por la estructura prismática de su horizonte B menos marcada. Estos suelos tienen perfiles más profundos y mejor desarrollados que los suelos Buse desarrollados sobre los mismos materiales pero en pendientes fuertes y en las cimas de los montes. Los suelos Barnes tienen suelos más delgados y subsuelos de color más fuerte que los suelos asociados Aastad. La catena Barnes incluye los suelos Barnes, Aastad, Flom y Parnell.

....**Perfil de suelos** (Barnes franco-virgen).

A^{11} 0 a 4 cm., franco pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/1, seco) a negro (10YR 2/1, húmedo), muy friable, de estructura granular imperfecta a migajón muy fino, lleno

de raíces de gramíneas que forman una madeja; de reacción neutra. De 2.5 a 5 cm. de espesor.

A_{12} 4 a 27 cm., franco pardo oscuro (10YR 3/2, seco) a negro (10YR 2/1 húmedo) friable de estructura prismática de débil a moderada; de neutro a moderadamente ácido. De 20 a 28 cm. de espesor.

B 27 a 35 cm., franco arcilloso firme, horizonte de transición que hacia abajo cambia de color de pardo oscuro (negro cuando húmedo) a pardo (10YR 4/2, cuando seco) o pardo oscuro (10YR 3/2, húmedo). Estructura prismática débil; de reacción neutra. De 8 a 13 cm. de espesor.

Cca 35 a 60 cms., horizonte de acumulación de carbonato de calcio; franco arcilloso masivo firme. Pardo amarillento (2,5 Y 5/4, húmedo) con puntos y rayas blancas de carbonato de calcio; de reacción medianamente alcalina. De 20 a 35 cms. de espesor.

C 60 cms. y más, amarillo pálido (2.5 Y 7/4, seco) a pardo amarillento (2.5 Y 5/4, húmedo) "till" franco limoso. Ocasionalmente se encuentran manchas de hierro. Hay carbonato de calcio libre, pero en menor cantidad que en el horizonte superior. Una considerable parte de este material está formada por fragmentos de roca parcialmente descompuesta, principalmente granitos, gneis y caliza transportados por glaciares. A través del suelo se encuentran diseminados piedras y cantos rodados.

Variaciones: Estos suelos varían considerablemente en cuanto a pedregosidad. La capa superficial varía en espesor de acuerdo con el relieve. En algunos puntos una capa delgada de loess hasta 50 cms. cubre el "till" glacial. La textura del horizonte C va desde arcilla plástica firme hasta franco friable.

Relieve: De ondulado a relieve con montículos.

Drenaje: Estos suelos están bien drenados, tanto externa como internamente.

Vegetación: Tienen una buena cobertura de gramíneas altas.

Uso.—En la mayor parte de las áreas de suelos Barnes crece trigo de primavera y otros granos menores (small grains). En la parte sur de su distribución crece maíz. Cultivos henificables, incluyendo alfalfa, se desarrollan sobre considerable extensión. En años de buena precipitación este suelo es altamente productivo, pero deficiencias de precipitación reducen los rendimientos. Para pastoreo se usan las fases pedregosas.

Distribución.—En la parte Este de las Dakotas del Norte y el Sur, Oeste de Minnesota.

Localización del tipo: Condado de Grant, Dakota del Sur.

Establecimiento de la Serie: Condado de Lamoure, Dakota del Norte, 1914.

Serie Canaseraga

Los suelos Canaseraga son suelos Podzólicos-Pardos bien drenados desarrollados sobre morrenas laterales y recesionales en la sección de la Meseta Allegheny al Suroeste de New York. Sus materiales originarios son una mezcla de "outwash" glacial, arcilla glacial lacustre y "till" glacial depositado por un frente de hielo fluctuante; el "outwash", el material lacustrino y el "till' fueron mezclados y depositados en montones morrénicos durante la larga permanencia del hielo sobre los valles. Corrientemente se encuentran en las divisorias de valles contínuos y en las cabeceras de valles que drenan hacia el Norte. Se les encuentra bien adentro de las regiones de suelos ácidos, sin embargo se encuentra en ellos suficiente "till" calcáreo para hacer el material originario débilmente calcáreo o neutro a profundidades de 2.40 a 3 m. Los suelos Canaseraga son los asociados bien drenados de los suelos Dalton de drenaje moderado. Comúnmente se les encuentra inmediatamente al Sur y en elevaciones ligeramente mayores que los suelos Caneadea, los cuales se derivan de materiales lacustrinos no mezclados.

Perfil de suelo

A0 Estera de humus ácido: pH 4,2-4.5; de 5 a 10 cm. de espesor.

A1 0 a 2.5 cm., franco arenoso muy fino pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2), de estructura migajosa fina; muy friable; se pueden encontrar manchas blancas de un "bleicherde" incipiente; pH 4,5 - 5,2. De 1 a 5 cm. de espesor.

B21 2.5 a 20 cm., franco arenoso muy fino pardo amarillento (10YR 5/6) con estructura migajosa fina de desarrollo débil; muy friable; con algunos fragmentos pedregosos; pH 5.0 - 5.4; de 13 a 25 cms. de espesor.

B22 20 a 45 cm., franco arenoso muy fino pardo amarillento (10YR 5/4) con estructura migajosa media de desarrollo débil; friable; con algunos fragmentos pedregosos; pH 5.0 - 5.4; de 20 a 30 cm. de espesor.

B3 45 a 65 cm., franco o franco arenoso fino pardo amarillento claro (10YR 6/4) con estructura migajosa gruesa de desarrollo débil; friable; con algunos fragmentos pedregosos; pH 5.2 - 5.6; de 18 a 30 cm. de espesor.

C1 65 a 200 cms., franco o franco limoso pardo pálido (10 Y R 6/3) a gris pardusco claro (10 Y R 6/2), con un número moderado de fragmentos pedregosos y grava;

estructura laminar gruesa de desarrollo débil de firme a muy firme y moderadamente compacto; raíces muy largas penetran este horizonte; el pH aumenta de 5,5 en la parte superior hasta cerca de 6.5 al fondo; de 100 a 200 cms. de espesor.

C2 Más de 200 cm. material similar al horizonte C1 pero casi neutro; el pH aumenta ligeramente conforme se profundiza y se puede encontrar material ligeramente calcáreo a profundidades mayores de 3.6 m. Comúnmente se puede apreciar un poco de estratificación.

Variaciones: La textura de la capa superficial varía desde franco arenoso fino hasta franco limoso. Las texturas después de los 90 cms. varían desde franco arenoso fino hasta arcilloso limoso. Cuando en el substrato se encuentran texturas más pesadas de franco limoso, el material subyacente es discontinuo con el solum. Las texturas del substrato varían mucho dentro de cortas distancias. En donde estos suelos yacen al lado de suelos Caneadea pueden encontrar un solum Canaseraga de únicamente 45 cm. de espesor, que descansa en forma discontinua sobre un material edáfico Caneadea arcillo limoso. Areas limitadas con estas características se incluyen en la unidad cartográfica. En aquellos lugares en donde el substrato es de textura más pesada de lo normal, el pH se acerca a neutro a profundidades de 120 cm. Los suelos generalmente tienen algo de grava aunque no lo suficiente para clasificarlos como tipo gravoso.

Relieve: Es un paisaje morrénico con pendientes suaves o colinas, con pendientes dominantes que van desde 3 hasta 25 por ciento.

Drenaje: Bueno. La escorrentía es de media a rápida; el drenaje interno es regular. Cuando la compactación del substrato es suficiente para restringir mucho el drenaje interno, los suelos se clasifican dentro de la Serie Dalton moderadamente drenada.

Vegetación: Incluye una mezcla de bosques de maderas duras y de coníferas, consistentes principalmente en arce dulce, haya, roble rojo, pino blanco y algunas especies de abetos y nogales, incluídas mayormente como especies de requerimientos en calcio, medios y bajos.

Uso: Una gran porción del área desforestada se usa para cultivos agrícolas generales, que incluyen heno, maíz para ensilar, trigo, avena, trigo sarraceno y en algunos lugares, papas. Los pastos ocupan una regular porción del área. Los rendimientos son moderados.

Distribución: Parte Suroeste de New York cerca de las divisorias de valles contínuos y cerca de las cabeceras de los valles que drenan hacia el Norte.

Localización de tipo: Condado de Allegany, New York.

Establecimiento de la Serie: Condado de Allegany, New York, 1946.

Orígen del nombre: Villa de Canaseraga, Condado de Allegany, New York.

Observaciones.—Los colores se refieren al suelo cuando húmedo.

Serie Cecil

La serie Cecil incluye los miembros rojos de suelos Podzólicos Rojo-Amarillos derivados de materiales meteorizados a partir de rocas ígneas y metamórficas, principalmente en las partes central y Sur de la Meseta Piedmont. Los suelos han sido formados de gneises meteorizados, de esquistos gneisoides, esquistos micáceos y de granitos ocasionales. Están relacionados o asociados con las Series Appling, Durham, Madison, Georgeville, Lloyd, Louisburg, Lockhart y Cataula. Los suelos Cecil tienen horizontes B más rojos que los Appling, los cuales a su vez los tienen más rojos que los Durham. Además, los suelos Appling se han formado principalmente de granitos y gneises y los Durham principalmente de granitos. Los suelos Cecil tienen "sola" más profundos y con un grado de diferenciación mucho mayor que los suelos Louisburg, que es el suelo Esquelético asociado. No tienen el crecido número de cristales de feldespato que caracteriza los suelos Lockart. Son de color más claro y más friables en su horizonte B que los suelos Cataula, además de que han sido formados de rocas ligeramente menos básicas. Los suelos Cecil carecen de los horizontes A pardos y tienen colores más claros en los horizontes B que los suelos Lloyd, los cuales se han formado a partir de una mezcla de rocas ácidas y básicas. Se parecen en color a los suelos Georgeville derivados de pizarras, pero los suelos Cecil contienen en sus horizontes arena en mayor cantidad y más gruesa y menos limo. Son menos micáceos a traves del perfil, especialmente en la parte superior del horizonte C que los suelos Madison. La serie Cecil se encuentra ampliamente distribuída y es de mucha extensión. Entre los suelos de la Meseta del Piedmont es uno de los principales para agricultura.

Perfil del suelo (Cecil franco arenoso).

Aoo Capa delgada de hojas y agujas de pino.

A1 0 a 5 cm., franco arenoso gris parduzco muy friable con estructura migajosa débil; fuertemente ácido. De 2.5 a 10 cm. de espesor.

A2 5 a 20 cm., franco arenoso amarillo débil a pardo amarillento claro, casi suelto o muy friable; fuertemente ácido. De 10 a 20 cm. de espesor.

B1 20 a 25 cm., franco arenoso pesado o franco arcillo arenóso ligero pardo rojizo débil a pardo fuerte, friable con estructura granular media; fuertemente ácido. De 5 a 10 cm. de espesor.

B2 25 a 95 cm., arcilloso pardo rojizo plástico cuando está húmedo, muy firme cuando mojado y muy duro cuando seco. La arcilla tiene una estructura moderada blocosa y contiene algunos granos blancos de arena y laminillas de mica. Fuertemente ácido. De 50 a 90 cm. de espesor.

B3 95 a 150 cm., franco arcilloso pardo rojizo con motas o manchones de amarillo; de firme a friable cuando mojado. El suelo contiene suficientes laminillas de mica que dan sensación de suavidad cuando se le pasa entre los dedos; tiene una estructura blocosa gruesa débil y es fuertemente ácido. De 25 a 75 cm. de espesor.

C Más de 150 cm. Material rocoso desintegrado en el cual usualmente hay mucha mica; el material es marrón rojizo moteado o manchado, pardo amarillento, gris claro y negro, friable; fuertemente ácido. De 50 a 75 cm. de espesor.

Variaciones.—Los tipos principales son franco arenoso grueso, franco arenoso, franco arenoso muy fino y franco arcilloso. Este último se muestra en donde el horizonte A original ha sido removido por erosión acelerada. Bajo cultivo el A1 y el A2 comúnmente se mezclan y pierden su identidad; también en campos erodados, bajo cultivo el B1 y parte del B2 a menudo se mezclan en la aradura lo cual confiere al suelo un color de pardo rojizo débil a pardo moderado. El espesor del solum varía desde 75 cm. en unos pocos lugares hasta tanto como 200 cm., aunque corrientemente sin embargo está dentro de los 150 cms. descritos. La profundidad hasta la roca sólida puede variar desde 60 cms. hasta 24 metros o aún más, aunque corrientemente es de 240 cms. En algunos lugares la unidad cartográfica incluye suelos similares que descansan sobre materiales acumulados dentro de las cárcavas viejas de un ciclo de erosión anterior, en vez de encontrarse sobre material meteorizado "in situ". En donde se encuentran muchos fragmentos de cuarzo, gneis o granito que interfieren con el cultivo, se levantan en el mapa tipos gravosos o pedregosos. En la distribución geográfica que va desde Alabama a Virginia, se encuentran algunas diferencias en el color del horizonte B. En la parte Sur del Piedemonte los suelos tienen horizontes B más rojos que los de la parte Norte.

Relieve.—En las divisorias amplias entre corrientes es de ondulado a casi a nivel y es de quebrado a relieve con colinas en áreas más disectadas. Las pendientes comúnmente van desde 5 hasta 15 por ciento aunque pueden oscilar desde 2 hasta 30 por ciento.

Drenaje.—El drenaje es bueno, con una escorrentía de media a rápida y drenaje interno medio.

Vegetación.—Roble pequeño, blanco, rojo y español y nogal con algo de cornejo, "sourwood", "blackgum", algarrobo negro, orozol álamo, cedro y pino "de hoja corta". Las áreas que han sido cultivadas y luego abandonadas se encuentran cubiertas por pinos de hoja corta, "loblolly" o Virginia.

Uso.—La mitad aproximadamente está bajo cultivo, con la otra mitad dividida aproximadamente en partes iguales entre pastos y bosques. Los cultivos más comunes son maíz, algodón, trigo, avena, tabaco, chícharos, lespedeza, pastos y batatas. Menos comunes son la soya, manzanas, duraznos y otras frutas y vegetales.

Distribución.—Virginia, Carolina del Norte, Carolina del Sur, Georgia y en el Este de Alabama; poco en Arkansas.

Observaciones.—Esta serie fue redefinida en 1900 en el Area de Raleigh a New Bern, en Carolina del Norte y no se muestra más en Maryland.

Serie Charlton.

La serie Charlton incluye suelos Podzólicos Pardos, profundos y bien drenados, desarrollados sobre "till" del Wisconsin Inferior, derivado principalmente de esquistos micaceos grises, que contiene en la mayor parte de los lugares pequeñas cantidades de material granítico. Los suelos Charlton son miembros de la catena que incluye los suelos Hollis superficiales a rocosos, los Grafton, sueltos y bien drenados, los moderadamente bien drenados Sutton, los pobremente drenados Leicester y los muy pobremente drenados Whitman. En la mayoría de los lugares los suelos Charlton están en íntima asociación con otros miembros de la catena y áreas adyacentes de Brookfield, Woodbridge, Gloucester y Hollis. Se diferencian de los Woodbridge en que el material originario no contiene ni se ha derivado de mica esquistosa limonítica;de los Gloucester se diferencian en que el material originario se deriva principalmente de mica esquistosa gris más que de granito; y de los Hollis se diferencia por su mayor profundidad hasta el lecho rocoso. Los suelos Grafton son similares a los Charlton excepto en que el material originario en vez de ser firme, es suelto. Los suelos Paxton y los Woodbridge se han desarrollado sobre "till", similar en composición litológica al de los Charlton, pero sobre "till" más compacto que firme. Los suelos Paxton son bien drenados; los Woodbridge son moderamente bien drenados.

Perfil de suelo.—(Charlton franco-virgen)

Ao Hojas o agujas sueltas sobre una capa delgada pardo oscura (húmeda) de hojas y ramas parcialmente desintegradas. De 2.5 a 8 cm. de espesor.

A1 0 a 5 cm., franco (1) pardo grisáceo cuando húmedo; pardo o pardo amarillento cuando seco; suelto; migajosa media a fina, de estructura débil; fuertemente ácido. de 2.5 a 10 cms. de espesor.

B21 5 a 15 cms., franco, pardo amarillento o pardo cuando húmedo; coherente cuando está en su sitio; muy friable cuando se le remueve; migajosa muy fina de estructura débil; fuertemente ácido, de 8 a 15 cms. de espesor.

B22 15 a 38 cms. Como el anterior excepto el color que es de pardo amarillento claro a pardo amarillento. De 15 a 25 cms. de espesor.

B23 38 a 60 cms., franco, pardo amarillento claro cuando húmedo firme "in situ"; friable cuando se le remueve; migajosa muy fina de estructura débil; fuertemente ácido. De 25 a 30 cms. de espesor.

B3 60 a 75 cms., franco, oliva o pardo amarillento claro cuando húmedo; firme cuando está en su sitio, friable cuando se le remueve; estructura débil muy fina que puede llegar gradualmente a laminar media débil en la parte inferior; fuertemente ácido. De 15 a 30 cms. de espesor.

C Más de 75 cms., franco de color oliva cuando húmedo; los agregados, tanto los triturados como los no triturados tienen el mismo color, muy raramente se encuentra alguna cobertura sobre los agregados; compacto cuando está en su sitio, friable cuando se le remueve; laminar medio; fuertemente ácido. (Muy rara vez el agua se mueve horizontalmente sobre este horizonte como sucede con los suelos Paxton y Woodbridge).

Variaciones.—Estos suelos son pedregosos tanto externa como internamente, pero no tanto como los Gloucester. El espesor del solum en la parte Sur de New England es de cerca de 75 a 90 cms. y de 60 a 75 cms. en la parte Norte. En los linderos con la región de suelos Podzol estos suelos gradualmente pasan a ser Berkshire — los análogos Podsólicos — y en los levantamientos detallados, se debe asumir una línea de demarcación casi arbitraria.

Relieve.—Estos suelos se encuentran en tierras altas, desde casi a nivel hasta muy pendientes incluyendo colinas acampanadas. Las pendientes varían desde 5 hasta 20 por ciento.

Drenaje.—Buen drenaje; la escorrentía es rápida y el drenaje interno es medio.

Vegetación.—Robles rojo y blanco, arces dulce y rojo, abedul gris y pino blanco. Los pastos contienen "sweetfern", zumaque, arándano y "hardhack".

(1) El suelo contiene a través del solum y en el horizonte C, de 15 a 10 por ciento de fragmentos pequeños de esquisto.

Uso.—Del 50 al 60 por ciento aproximadamente ha sido desforestado y usado para heno, principalmente de "timothy" y trébol. Otros cultivos son maíz para ensilar, avena, centeno, papas y manzanas. Con fertilización adecuada se obtienen buenos rendimientos. Las zonas pedregosas no mejoradas están cubiertas de pastos y bosques.

Distribución.—Parte central de Connecticut y Massachusetts, el Sureste de Vermont, el Sur de New Hampshire, el Sur de Maine y el Este de New York.

Establecimiento de la serie: Condado de Worcester, Massachuestts, 1922.

Localización del tipo: Condado de Worcester, Massachusetts, 1922.

Orígen del nombre: Pueblo Charlton, Condado de Worcester, Massachusetts.

Observaciones.—Los suelos Charlton aquí definidos fueron previamente clasificados junto con los Gloucester. Hasta los alrededores de 1940 estos suelos incluyeron tanto los de "till" suelto como los de "till" moderadamente compactos, fecha en la cual los primeros fueron reconocidos separadamente como Serie Grafton. Los suelos del Condado de Providence, Rhode Island, correlacionados como Charlton están desarrollados sobre este "till" suelto. En los suelos Charlton se ha realizado un considerable trabajo experimental. La Estación Experimental Agrícola de Connectituct ha establecido lotes de pasto eperimentales en Storrs, y en Higmorr Farm han sido establecidos por la Estación Experimental Agrícola de Maine. En el Boletín 139 (1926) de la Estación Experimental Agrícola de Connecticut se compara el manejo de las fincas con suelos Charlton y con Gloucester.

Serie Cookeville

Los suelos Cookeville incluyen los suelos Podzólicos Rojo-Amarillos situados en la faja de transición entre los Podzólicos Rojo-Amarillos y las regiones Podzólicas Pardo-Grisáceas. Estos suelos se han desarrollado de calizas Misisipianas ligeramente cuarzosas, de alto grado, y se encuentran principalmente en asociación con suelos Bater, Bewleyville, Montview y Dickson. A una profundidad de 120 a 180 cms. contienen menos cuarzo que los suelos Baxter. En contraste con los Bewleyville los horizontes B de los Cookeville son rojos y el solum se ha derivado principalmente a partir de residuos calizos, mientras que el solum de los Bewleyville es parduzco y desarrollado principalmente en loess de poco espesor. Los suelos Cookeville son bastante extensos y agrícolamente importantes. El franco limoso es el tipo más importante.

Perfil de suelo. (Cookeville franco limoso).

Ap 0 a 20 cms. franco limoso, pardo (10YR 5/3 o 4/3) a pardo amarillento (10YR 5/4) muy friable con estructura migajosa moderada, de 15 a 25 cms. de espesor.

B1 20 a 50 cms. franco arcillo limoso, rojo amarillento (5YR 5/8) a amarillo rojizo (5YR 5/6) friable, blocosa media moderado; en la parte inferior se hace más rojo, más pesado y su estructura se vuelve más clara. De 25 a 35 cms. de espesor.

B2 50 a 100 cms. franco arcillo limoso pesado o arcillo limoso rojo oscuro (2.5YR 3/6) o rojo (2.5YR 5/8) con una estructura blocosa media fuerte; el material triturado es de un color amarillo comparado con el color rojo de los agregados; contiene cuarzo muy finamente dividido y algunas piezas de cuarzo angular. De 40 a 60 cms. de espesor.

C Más de 100 cms. arcillo limoso rojo oscuro (2.5YR 3/6) o rojo (2.5YR 5/8) muy firme, manchado y veteado con amarillo, pardo amarillento y pardo fuerte; contiene mucho cuarzo finamente dividido y algunas piezas angulosas del mismo mineral; llega hasta el lecho rocoso que se encuentra a profundidades de 180 a 300 cms.

Variaciones.—Los suelos Cookeville son de mediana a fuertemente ácidos a través del perfil. El espesor combinado de los horizontes A y B1 varía de 40 hasta 75 cms. Puede ser que el horizonte B2 no tenga cuarzo aunque es característico que tenga una cantidad considerable de este material en forma fina. El horizonte C puede variar considerablemente dentro de una pequeña distancia en color y en contenido de calcio. En algunos lugares se encuentra como parte del solum superior una capa discontinua de limo parecido a loess. Las áreas moderadamente erosionadas tienen un diseño característico de tres colores, pardo claro, rojo amarillento y rojo oscuro.

Relieve.—De ondulado a quebrado (con "karst").

Drenaje.—Bien drenado la escorrentía es de mediana a rápida y el drenaje interno es medio.

Vegetación.—Originalmente está compuesta por árboles de madera dura, principalmente de roble rojo, blanco y negro, con algo de nogal, olmo, cornejo y algunos arces, especialmente cerca de su límite norte.

Uso.—Todo este suelo ha sido prácticamente desforestado y usado para la producción de cultivos generales, incluyendo maíz, al-

falfa, lespedeza, tréboles y algodón. Localmente se encuentran cultivos de fresas y hortalizas.

Distribución.—En la Meseta Misisipiana de Kentucky, Tennessee y Alabama.

Localización del tipo: Condado Central Putnam, Tennessee.

Establecimiento de la serie: Condado Limestone, Alabama, 1946.

Serie Dalhart.

La serie Dalhart incluye suelos no calcáreos Castaño rojizos bien drenados, pardos a pardo oscuros, con horizontes B pardo, friable, granular y permeable. Estos suelos se encuentran en el Noroeste de Tejas y en áreas adyacentes, principalmente en las Altas Llanuras, en asociación con suelos Pullman, Richfield y Mansker. Generalmente los materiales originarios son mantos eólicos fuertemente calcáreos y moderadamente arenosos, depositados relativamente tarde en el Pleistoceno. La serie Dalhart es relativamente menos rojiza que la Amarillo, generalmente es calcárea a profundidades algo menores, se presenta en áreas más norteñas o algo más frías y se ha desarrollado principalmente de materiales originarios depositados más recientemente. Los horizontes B de los suelos Dalhart son más arenosos que los Pullman y Richfield y menos arenosos que los de Springer y Pratt.

Perfil de suelo.—(Dalhart franco arenoso fino).

A1 0 a 20 cms., franco arenoso fino, pardo (10YR 5/3; 4/2.5, húmedo); estructura moderada granular media; muy friable cuando húmedo, ligeramente duro cuando seco; pasa abruptamente al horizonte B; neutro. De 15 a 28 cms. de espesor.

B2 20 a 43 cms., franco arcillo arenoso, pardo (10YR 5/3; 4/3, húmedo); estructura mezclada prismática gruesa muy fuerte y moderada granular media; friable cuando húmedo y muy duro cuando seco; de neutro a medianamente alcalino pero no calcáreo. De 25 a 50 cms. de espesor.

B3 50 a 87 cms., franco arcillo arenoso, pardo claro (7.5YR 6/4; 5/4, húmedo); friable cuando húmedo, muy duro cuando seco; estructura granular, gruesa a media; débil; regularmente alcalino. De 0 a 45 cm. de espesor.

Cca 87 a 135 cms., franco arcillo arenoso o arcillo arenoso, mezclado con un 5 a 40 por ciento de concreciones blancas de CaC03, pardo muy pálido (10YR 7/4), fuertemente calcáreo; cambia gradualmente hacia abajo a material menos calcáreo. De 25 a 75 cms. de espesor.

Variaciones.—Los tipos varían de areno fino franco hasta franco arcilloso. El color de la superficie se oscurece ligeramente conforme decrece la cantidad de arena. El color del horizonte A1 varía desde pardo hasta pardo grisáceo oscuro e incluye los matices 7,5 YR a 10YR, con pureza de 4 a 5,5 e intensidad 2 a 3. El color de los horizontes B2 oscila desde pardo a pardo grisáceo, y su textura desde franco arcillo arenoso hasta arcillo arenoso o arcilloso friable. El color del horizonte B3 desde pardo grisáceo a pardo claro. Es calcáreo o está ausente en donde se encuentra carbonato dentro de los 60 cms. La profundidad del horizonte Cca va desde cerca de 45 cms. hasta 1.13 mts. En muchos lugares más abajo de 90 cms. se encuentran suelos enterrados.

Relieve.—Tierras altas casi a nivel o con pendiente suave. Puede tener dunas estabilizadas de varios cientos de metros de ancho y de pocos metros de alto.

Drenaje.—Bueno; la escorrentía es lenta a mediana. Los substratos naturalmente están permanentemente secos.

Vegetación.—Pastos bajos (especialmente grama y "búfalo"), especialmente en el suelo franco arcilloso, en los francos arenosos, pastos medianos y bajos y en las arenas francas "bluestem" pequeño y salvia de arena.

Uso.—Los tipos de textura moderadamente fina son usados, además del pasto natural, principalmente para trigo de invierno; los francos arenosos para trigo de invierno y sorgos y los areno finos francos para sorgos.

Distribución.—En el apéndice geográfico de Texas y partes de Oklahoma adyacentes, en New México y Kansas; principalmente en las Altas Llanuras al Norte del Río Canadian; son muy extensos.

Localización del tipo: Condado Dallam, Texas.

Establecimiento de la serie: Condado Unión, New México, 1938.

Serie Drummer.

La serie Drumer incluye suelos Gley-Húmicos (Wiesenboden) de la región de suelos Pradera, desarrollados sobre tierras altas de sedimentos glaciales retrabajados por el agua o de loess mezclado, "till" y sedimentos de las llanuras de "outwash", bajo condiciones de drenaje de pobres a muy pobres. Estos suelos son coextensivos con áreas de depresión, casi a nivel, y se encuentran asociados con los suelos Proctor y Brenton desarrollados de llanuras de "outwash" tanto como junto con los suelos de las catenas Saybrook y Flanagan. La reacción del solum es casi neutra.

Perfil de suelo (Drummer franco arcilloso).

A11 0 a 25 cms., franco limoso a franco arcilloso, negro (10YR 2/1); con estructura granular media moderada; de neutro a ligeramente ácido. De 20 a 50 cms. de espesor.

A12 25 a 43 cms., franco arcilloso o franco arcillo limoso, gris oscuro (10YR 3/1); con estructura granular media moderada; de neutro a ligeramente ácido. De 15 a 20 cms. de espesor.

Bg 43 a 68 cms., franco arcilloso o franco arcillo limoso, con algo de arena gris oscuro (5Y 4/1, húmedo) a gris (10YR 5/1, húmedo); un poco moteado de amarillo parduzco y manchones de gris muy oscuro en donde ha bajado materia orgánica; estructura blocosa media moderada; de neutro a ligeramente alcalino. De 20 a 37 cms. de espesor.

C Más de 68 cms., franco a franco arcilloso, gris (10YR 5/1 a 6/1) con moteado amarillo parduzco; descansa a 1 m. o 1,25 mts. sobre un material gravoso limoso o arenoso. De neutro a calcáreo.

Variaciones.—La textura de las capas superficiales va desde franco arcillo limoso hasta franco arcilloso o arcillo limoso. El color, la textura y el moteado del horizonte B varían. La profundidad hasta el substrato de arena suelta o de grava varía, pero corrientemente es de más de 90 cms. Pueden incluirse pequeñas áreas con horizontes B arenosos.

Relieve.—Desde casi a nivel hasta depresiones; las pendientes corrientemente son menores de 0.5 por ciento.

Drenaje.—Es un suelo desarrollado bajo un nivel freático alto, el drenaje natural es de pobre a muy pobre, la escorrentía de muy lenta a nula. Se adapta a drenaje ciego.

Vegetación.—Juncos y gramíneas que se desarrollan bien en un medio acuático.

Uso.—Agricultura general, principalmente maíz y soya.

Distribución.—Partes central, nortecentral, noreste y este central de Illinois y Estados limítrofes en donde los materiales originarios y procesos formadores del suelo sean similares.

Localización del tipo: Condado Iroquois, Illinois.

Establecimiento de la serie: Condado Ford, Illinois, 1929.

Serie Fargo.

Los suelos Fargo son Gley-Húmicos, o Wiesenboden chernozémicos, de la región norteña del Chernozem desarrollados de sedi-

mentos arcillosos depositados en los viejos lagos glaciales y en valles bloqueados antiguamente por "till" o por hielo. En la mayoría de las áreas se han establecido vías de drenaje. Los rasgos característicos de los suelos Fargo son una superficie arcillosa granular, oscura, subsuelo arcilloso gris o gris oscuro ligeramente moteado de gris claro; y una capa bastante bien definida de acumulación de calcio (Cca). Estos suelos se diferencian de la serie asociada Bearden en que está en su totalidad formada por materiales arcillosos. Se parecen a los suelos Parnell, aunque están un poco mejor desarrollados, se encuentran sobre sedimentos viejos y comúnmente están mejor drenados.

Perfil de suelo (Fargo arcilloso):

A1 0 a 40 cms., arcilla pesada, de gris muy oscuro (N 3/, seco) a negro (N 2/, húmedo); de estructura granular fina. De 30 a 50 cms. de espesor.

Bg 40 a 53 cms., arcilla, de gris oscura (N 4/, seca) a gris oliva oscura (5Y 4/2, húmedo); de estructura subangular boscosa fina. De 13 a 20 cms. de espesor.

Cca 53 a 83 cms., arcilla masiva con grandes cantidades de carbonato de calcio, diseminado uniformenmente o en forma de nódulos y concreciones, gris (N/5, seco) a gris oliva oscuro (5Y 4/1, húmedo). De 15 a 45 cms. de espesor.

C Más de 83 cms., arcilla lacustre calcárea, mostrando varves prominentes en algunos lugares; de amarillo pálido (2.5Y 7/4, seco) a pardo amarillento (2.5Y 5/4, húmedo).

Variaciones.—El espesor del horizonte superficial oscuro y la profundidad hasta llegar a los carbonatos libres, varían considerablemente. En algunos pocos lugares el suelo es calcáreo desde la superficie hacia abajo. Algunos perfiles exhiben una capa Ccs. Se encuentran suelos enterrados.

Relieve.—A nivel o ligeramente ondulados.

Drenaje.—El drenaje natural es de pobre a imperfecto; el drenaje interno es lento. La mayor parte de las áreas de suelos Fargo ha sido mejorada por medio de drenaje artificial.

Vegetación.—Se encuentra ordinariamente cubierto de una densa vegetación de gramíneas altas.

Uso.—Casi todos los suelos Fargo están cultivados, especialmente en el Valle del Río Rojo. Los cultivos principales son trigo y otros granos menores aunque también se cultivan alfalfa, linaza, maíz y trébol dulce.

Distribución.—En Dakota del Norte, Dakota del Sur y Minnesota. El área mayor se encuentra en el Valle del Río Rojo.
Localización del tipo: Condado Cass, Dakota del Norte.
Establecimiento de la serie: Area Grand Forks, Dakota del Norte, 1902.

Serie Fruita.—

Los suelos Fruita se han desarrollado en la región de suelos Sierozem de materiales aluviales altamente calcáreos, provenientes principalmente de areniscas y areniscas lutíticas del Cretáceo, Jurásico y edades Terciarias. En algunos lugares hay una apreciable cantidad de cuarcita. Estos suelos zonales están relacionados con las series Moffat, Mesa y Hinman. Tienen perfiles con textura débilmente desarrollada, horizontes de acumulación de cal moderamente desarrollados y substratos de aluvium fino, usualmente depositados sobre lechos rocosos de lutita y arenisca. Aunque similares en todo lo demás, sus perfiles son menos rojos que los de los suelos Moffat y más rojos que los de los suelos Hinman. Los horizontes B de los suelos Fruita tienen una textura más gruesa que los de Hinman y sus perfiles carecen de los substratos gravosos de éstos. Los suelos Fruita son más jóvenes y tienen menos cal segregada que los suelos Mesa y carecen de sus substratos gravosos. En períodos de desarrollos se parecen a la seria Meeteetse, pero parece que se han desarrollado de un aluvión más calcáreo, parecen tener más cal segregada y ser de color menos rojo.

Perfil de suelo (Fruita franco arenoso muy fino):

Ap 0 a 20 cms. franco arenoso muy fino, de pardo claro (7.5YR 6/4) a pardo (7.5YR 4/4, húmedo), calcáreo; ligeramente duro y terronoso. (Bajo condiciones vírgenes, de medio a un centímetro superficial está formado por una costra vesicular, de suave a ligeramente dura,, de material franco arenoso fino sobre material franco arenoso fino suelto, de estructura moderamente granular muy fina que llega hasta los 2.5 a 5 cms. Estos horizontes son de un color pardo muy pálido (10YR 7/3) a rosado (7.5YR 8/4). Debajo de este el franco arenoso muy fino a franco, de color pardo claro, tiene una estructura blocosa ligeramente débil. Estos "peds" fácilmente se transforman en gránulos medios. De 15 a 25 cms. de espesor.

B21 20 a 37 cms. franco calcáreo, pardo claro (7.5YR 6/4); de ligero a débilmente duro, con estructura prismática a blocosa gruesa y con estructura granular fina de débil a media; el suelo húmedo es pardo (7.5YR 5/4) y muy friable. De 10 a 25 cms. de espesor. Esta capa gradualmente se transforma en:

B22 37 a 50 cms. franco fuertemente calcáreo, pardo muy pálido (10YR 7/4); se presentan pequeñas cantidades de cal segregada en forma de venas o de moteado pequeño blanco (10YR 8/2) que comprenden menos del 5 por ciento de la masa del suelo. El suelo seco es de ligeramente más duro a duro y es débilmente granular. El suelo pardo húmedo (7.5YR 5/4) es muy friable. De 8 a 20 cms. de espesor.

B3ca 50 a 75 cm., franco a franco arcilloso liviano, pardo muy pálido (10YR 7/4) con moteado blanco (10YR 8/2) en 20 a 70 por ciento, calcáreo a muy fuertemente calcareo; estructura blocosa subangular débil, dura; se encuentra cal segregada en forma de filones y como harina en moteados y manchones de 5 a 25 cms.; el suelo húmedo es friable y pardo (7.5YR 5/4), moteado con blanco rosado (7.5YR 8/2). De 20 a 50 cms. de espesor. Esta capa gradualmente pasa a:

Cca 75 a 100 cms. franco arenoso fino a franco arcilloso liviano de fuerte a muy fuertemente calcáreo, pardo muy pálido (10YR 7/4) con moteado blanco (10YR 8/2) que comprende de un 10 a un 30 por ciento de la masa del suelo, decreciendo hacia la parte inferior del horizonte; es duro pero friable con estructura granular débil; a través de la masa del suelo se encuentra cal segregada como harina, concentrándose en manchones y moteados grandes y pequeños; el suelo húmedo muy friable es amarillo rojizo (7.5YR 6/6) moteado con blanco rosado (7.5YR 8/2). De 13 a 37 cms. de espesor.

C 100 a 180 cms. franco arenoso muy fino a franco arcilloso liviano fuertemente calcáreo, pardo muy pálido (10YR 7/4) a amarillo pálido (5Y 8/3); masivo, de ligeramente duro a duro. El suelo húmedo es friable. De 25 a 80 cms. de espesor.

D Lecho rocoso de lutita a arenisca a profundidades variables bajo 180 cms.

Variaciones.—El color pardo claro (7.5YR 6/4) es el color dominante de los horizontes Ap y B2. Las unidades cartográficas incluyen suelos con horizontes que tienen los límites más pardos de la serie Moffat (i.e., pardo rojizo claro (5YR 6/4, seco) y pardo rojizo (5YR 4/4, húmedo) tanto como pardo muy pálido (10YR 7/3). El grado de la segregación de la cal generalmente es moderado, variando desde ligero en un horizonte con un 5 por ciento moteado hasta fuerte en un horizonte en el cual el 90 por ciento del color del suelo es dominado por material muy fuertemente calcáreo. Aunque estos suelos generalmente no son gravosos, algunas unidades cartográficas incluyen suelos con grava de arenisca en cantidades variables distribuídas a través de todo el perfil. La profundidad del aluvión sobre la

roca matriz de lutita y arenisca es típicamente mayor de 180 cms., aunque en algunas áreas es un poco menos profundo.

Relieve.—Son conos aluviales y bancos de conos aluviales, generalmente casi a nivel o suavemente pendientes. Se presentan fases pendientes y de inclinación pronunciada en conos aluviales muy seccionados por zanjas.

Drenaje.—En las pendientes suaves y en los suelos casi a nivel, el drenaje superficial es de lento a medio. Generalmente no se presentan concentraciones dañinas de sales excepto en donde los suelos son superficiales y están sobre lutita salina y en donde son afectados por la infiltración de aguas de riego.

Vegetación.—Artemisia, "shadscale", hierba de conejo (rabbitbrush) y unos pocos arbustos espinosos, con una cobertura de 5 a 10 por ciento de hierbas y malas hierbas anuales.

Uso.—Estos suelos son productivos y sus rendimientos bajo riego y con buen manejo, son altos. Se usan principalmente para hortalizas, frutas, alfalfa, heno y cereales.

Distribución.—En los valles áridos del oeste de Colorado, el este de Utach y Wyoming.
Localización del tipo: Bancos de conos aluviales al norte de Fruita, en el Condado Mesa, Colorado.
Establecimiento de la serie: Area de Grand Junction, Colorado, 1905.

Observaciones.—En el levantamiento de los suelos del Area Grand Junction, en 1905, la serie Fruita incluía los suelos de los conos aluviales jóvenes, bajos y las llanuras de inundación del río. La serie Fruita ha sido redefinida y en el levantamiento de suelos de la misma Area, en 1947, los suelos anteriormente llamados Fruita han sido clasificados como tipos de las series Billings, Ravola y Green River.

Serie Lyons.—

La serie Lyons incluye suelos Gley-Húmicos (Wiesenboden) muy pobremente drenados, sobre "till" glacial calcáreo procedente de caliza con proporciones diversas de lutita y arenisca como constituyentes principales. Su perfil modal es el de un miembro de una catena muy pobremente drenada que incluye los suelos Honeoye Podzólicos Pardo Grisáceos bien drenados, los suelos Lima moderadamente drenados y los pobremente drenados Kendaia, pero su variación incluye los asociados Gley Húmicos de diversos suelos Podzólicos Pardo Grisáceos y Pardo Forestales desarrollados de materiales de textura media, de contenido de cal de alto a medio. Estos abarcan catenas de las cuales los miembros bien drenados son Fenner, Grenville, Nellis, Dover y

Pittsfield entre los suelos Pardo Forestales; Honeoye, Ontario y Wassaic entre los suelos modales Podzólicos pardo grisáceos; y Lansing, Madrid, Lowville y Stockbridge entre los integrados entre Pardo Forestales o Padzólicos Pardo Grisáceos y suelos Podzólicos Pardos. Esta serie se usa únicamente en forma tentativa en algunas de estas catenas aunque en la mayoría el carácter hidromórfico del suelo oscurece las diferencias del material originario que dan lugar a diferencias significativas entre los suelos zonales.

Perfil de suelo.—(Lyons franco limoso-virgen) :

Ao 0 a 2.5 cms., restos vegetales generalmente sin humus. De 0 a 5 cms. de espesor.

A1 0 a 15 cms., franco limoso, alto en materia orgánica, de gris muy oscuro a negro (10YR 3/1-2/1) ; estructura migajosa media moderada; friable; neutro a ligeramente ácido; lleno de muchas raíces pequeñas. De 13 a 20 cms. de espesor.

G1 15 a 30 cms., franco limoso, gris (10YR 5/1) con estructura blocosa media débil cuando seco; casi masivo cuando húmedo; se presentan rayas pardas a lo largo de los canales de viejas raíces; de neutro a ligeramente alcalino, en puntos ligeramente ácido; hay pocas raicillas; es un horizonte de intensa reducción. De 15 a 20 cms. de espesor.

G2 30 a 60 cms. franco limoso pesado, gris moteado (10YR 5/1) y pardo amarillento con estructura blocosa gruesa cuando está seco pero casi masiva cuando húmedo; firme, ligeramente plástico; ligeramente alcalino, puede ser calcáreo; sólo se encuentran unas pocas raíces largas. De 20 a 45 cms. de espesor.

CG 60 a 100 cms., franco limoso gris calcáreo desarrollado de "till" glacial, moteado con varios tonos de pardo; moderamente compacto; firme; ligeramente plástico; de estructura laminar gruesa débil; el moteado decrece con la profundidad. De 25 a 50 cms. de espesor.

C Más de 100 cms. "till" glacial gris altamente calcáreo, firmemente laminado, con textura franco o franco limoso.

Variaciones.—El espesor del horizonte A1 varía ampliamente, especialmente en las áreas cultivadas en donde el material ha sido lavado en los campos adyacentes y depositado sobre estas áreas inferiores. El grado de moteado es variable. La profundidad hasta los carbonatos varía desde 30 hasta 75 cms. La textura superficial va desde franco hasta franco arcilloso limoso.

Relieve.—Casi a nivel; comúnmente se le encuentra en depresiones y localmente en manchas de nacimientos de agua sobre laderas

Drenaje.—Muy pobre; escorrentía muy lenta; el drenaje interno es muy lento o lento aunque a considerable profundidad la permeabilidad es moderada.

Vegetación.—Arce rojo, olmo, fresno, sauce, aliso.

Uso.—Principalmente en bosque o usado para pastoreo. Cuando se le drena es un suelo productivo para heno, pasto, maíz y hortalizas.

Distribución.—Llanura de Ontario y Mohawk, Río Black y los valles del Hudson en New York, oeste de Massachusetts y suroeste de Vermont. Reconocido tentativamente en el norte de New York.
Localización del tipo: Condado de Wayne, New York.
Establecimiento de la serie: Condado Wayne, New York, 1919.
Origen del nombre: Lyons, Condado Wayne, New York.

Serie Mesa

Los suelos Mesa son suelos Sierozem desarrollados sobre viejos rellenos de valles. Ocupan mesas con sus partes superiores planas y llanuras piedemontanas, remanentes de viejas terrazas. Estos suelos se encuentran en mucho de los valles intermontanos al oeste de la Divisoria Continental, en donde se han desarrollado bajo vegetación arbustiva desértica. La media de precipitación anual va desde 180 hasta 250 mms. Los veranos son muy secos y los inviernos son fríos pero asoleados. Estos son suelos zonales maduros, que tienen horizontes superiores calcáreos, de color pardo pálido a pardo rojizo, sobre una capa gruesa de acumulaciones de cal de color casi blanco Yacen sobre un aluvión muy gravoso, pedregoso o guijarroso. Los suelos de la serie Orchard tienen características de perfil similares pero se han desarrollado a partir de aluvión de origen ígneo básico. Los suelos Mesa son de color menos rojos que los suelos asociados de la serie Bennett; no presentan la cementación del horizonte de cal que se encuentra en los suelos Neola; y tienen un perfil más profundo que los suelos Naturita, sobre un horizonte de alto contenido de cal y estratos de grava. Los suelos asociados más jóvenes Hinman y Moffat tienen horizontes de acumulación de cal moderamente desarrollados. En los suelos Hinman el aluvión pedregoso, gravoso y guijarroso se encuentra a profundidades mucho mayores que en la serie Mesa.

Perfil de suelo.—(Mesa franco arcilloso):

A11 0 a 0.6 cms., franco en una costra vesicular suave, pardo claro (7.5YR 6/4) o pardo muy claro (10YR 7/4); generalmente calcáreo. De 0.3 a 0.6 cms. de espesor.

A12 0.6 a 10 cms., franco, pardo claro (7.5YR 6/4) a pardo muy claro (10YR 7/4) con estructura laminar débil, suave, que se desmorona en gránulos finos moderados; generalmente calcáreo; en suelo húmedo pardo (7.5YR 4/4 a 10YR 4/3) muy friable la agregación estructural es menos clara.

B2 10 a 37 cms., franco arcilloso calcáreo, amarillo rojizo (7.5YR 6/6) a pardo rojizo claro (5YR 6/4); en la parte inferior, principalmente, contiene una cantidad en aumento, de moteado de blanco rosado (7.5YR 8/2) o blanco (10YR 8/2); tiene grandes manchones de cal segregada, especialmente en la parte inferior; de duro a ligeramente duro, estructura de blocosa a prismática, media a gruesa, la cual fácilmente se quiebra y pasa a gránulos gruesos, de débil a medianamente definidos. El suelo húmedo de color pardo fuerte (7.5YR 5/8) a pardo rojizo (5YR 4/4) es muy friable y tiene estructura blocosa débil. De 10 a 45 cms. de espesor.

Cca 37 a 80 cms. arcilloso muy fuertemente calcáreo, blanco (10YR 8/2) a blanco rosado (7.5YR 8/2). La cal se presenta principalmente como harina bien diseminada en la masa del suelo. En la parte superior aparecen un moteado grande e irregular de pardo claro (7.5YR 6/4) o rosado (7.5YR 8/4) de suelo menos calcáreo. El suelo seco es duro y masivo. El suelo húmedo blanco rosado (7.5YR 8/2) a rosado (7.5YR 8/4) es friable. De 25 a 100 cms. de espesor.

Dca 80 a 125 y más, franco de muy gravoso a muy pedregoso fuertemente calcáreo, blanco (10YR 8/2) a rosado (7.5YR 7/4); duro y masivo pero no cementado; friable cuando húmedo.

D Más de 125 cms. estrato poroso de cantos rodados y piedras en una matriz arenosa a franca; las partes inferiores de los fragmentos están revestidas de cal, especialmente en la parte superior del estrato.

Variaciones.—Los 20 a 25 cms. arados de estos suelos están constituídos por un suelo franco a franco arcilloso liviano de color pardo claro, pardo pálido o pardo rojizo claro. Sobre la sueprficie y a través del perfil se encuentran cantidades variables de grava pulida por el agua. El estrato muy gravoso, pedregoso o guijarroso usualmente se encuentra a una profundidad dentro de los primeros 150 cms., aunque hay excepciones. El material fino del suelo varía en textura desde arena hasta franco arcilloso liviano. La textura y firmeza del horizonte B2 varía desde franco arcilloso liviano ligeramente duro hasta un franco arcilloso pesado y duro. El grado de moteado debido a la segregación de cal en el horizonte B2 es variable. La cantidad de cal segregada en los horizonte Cca y D generalmente es

muy grande, pero de las unidades cartográficas se presentan suelos que tienen horizontes de acumulación de cal sólo moderamente desarrollados.

Relieve.—Terrazas onduladas o desde casi a nivel a suavemente pendientes y sobre mesas y llanuras piedemontanas remanentes de terrazas y llanuras fluviales viejas.

Drenaje.—Estos suelos tienen buen drenaje. Sus perfiles permeables y sus pendientes dominantemente suaves conducen a una escorrentía media.

Vegetación.—"Shadscale", pequeñas artemisias y unos pocos arbustos espinosos desérticos, con un 5 a 20% cubierto de grama negra "bunchgrasses", hierbas y malas hierbas anuales.

Uso.—Los suelos Mesa son productivos cuando se les somete a riego. En el oeste de Colorado hay grandes áreas de estos suelos bajo riego, en donde la producción de granos, tubérculos y hortalizas es alta en virtud de que ellos responden muy bien a las buenas prácticas de manejo. En el área de Grand Junction en Colorado se usan extensivamente y con éxito en la producción de duraznos. La capacidad de pastoreo de la pradera desértica nativa es muy baja.

Distribución.—En los Valles intermontanos de Colorado, Utah y el norte de New México.

Localización del tipo: Area del Valle Uncompahgre, Colorado.
Establecimiento de la serie: Area Grand Junction, Colorado, 1905.

Serie Miami.—

La serie Miami se compone de suelos Podzólicos Pardo Grisáceos desarrollados sobre "till" glacial muy calcáreo, perteneciente a la edad Wisconsin inferior. Los suelos Miami son los miembros bien drenados de una catena que incluye también los suelos Celina, moderamente drenados; los suelos Crosby, imperfectamente drenados; los Bethel (un Planosol) pobremente drenados, los suelos Brookston oscuros pobremente drenados y los Okomo muy oscuros y muy pobremente drenados. Los suelos Russell se diferencian de los Miami por un grado mayor de meteorización y por la mayor profundidad hasta llegar al "till" calcáreo, en "tills" de texturas equivalentes. Los suelos Russell se encuentran al sur de la faja de suelos Miami y están asociados. Los suelos Miami tienen una menor proporción de arcilla y fragmentos de lutita oscura en su material originario y en el sólum que los suelos St. Clair, además tienen "sola" algo más profundos.

Perfil de suelo (Miami franco limoso) :

Ao Residuos vegetales de árboles deciduos, parcialmente descompuestos. De 0,6 a 5 cms. de espesor.

A1 0 a 8 cms., franco limoso, gris muy oscuro a pardo grisáceo oscuro (10YR 3/1 a 4/2, húmedo) ; estructura migajosa fina moderada; friable cuando húmedo, suave cuando seco y no pegajoso cuando mojado; el contenido orgánico es relativamente alto; los linderos son graduales y ondulados; ligeramente ácido. De 5 a 10 cms. de espesor.

A2 8 a 30 cms. franco limoso, pardo amarillento claro a pardo (10YR 6/4 a 5/3, húmedo) ; estructura laminar delgada débil; friable cuando húmedo, ligeramente duro cuando seco y ligeramente pegajoso cuando mojado; el lindero inferior del horizonte es gradual; de mediana a ligeramente ácido. De 18 a 23 cms. de espesor.

B1 30 a 40 cms., franco limoso pesado a franco arcillo limoso liviano, pardo amarillento claro a pardo amarillento (10YR 6/4 a 5/4, húmedo) ; estructura blocosa subangular fina moderada; friable a ligeramente firme cuando húmedo, ligeramente duro cuando seco y ligeramente pegajoso cuando mojado; de mediana a fuertemente ácido; el lindero inferior del horizonte es irregular. De 8 a 13 cms. de espesor.

B21 40 a 60 cms., franco arcillo limoso, pardo (7.5YR 5/4, húmedo) a pardo amarillento (10YR 5/4, húmedo) ; estructura de media a gruesa, fuerte, blocosa subangular; firme cuando húmedo, duro cuando seco y pegajoso cuando mojado; cantidades variables de fragmentos rocosos pequeños parcialmente meteorizados; el lindero inferior del horizonte es ondulado; de neutro a ligeramente ácido, de 15 a 35 cms. de espesor.

B22 60 a 70 cms., franco arcillo limoso, pardo oscuro (7.5YR 3/2 a 10YR 4/3, húmedo) ; estructura blocosa subangular de fuertemente gruesa a muy gruesa; firme cuando húmedo, duro cuando seco y pegajoso cuando mojado; cantidades variables de fragmentos rocosos parcialmente meteorizados; el lindero inferior del horizonte es ondulado; de neutro a ligeramente ácido. De 5 a 15 cms. de espesor.

C Más de 70 cms., "till" franco arcilloso mezclado con fragmentos gruesos y piedras, pardo amarillento claro (2.5Y 6/4 a 10YR 6/4, húmedo) ; estructura de masiva a blocosa subangular gruesa muy débil; la composición mineralógica es variante con suficiente cal para producir una efervescencia general con ácido diluido; corrien-

temente tiene un alto porcentaje de fragmentos de roca caliza.

Variaciones.—El color de la superficie cultivada es de pardo grisácea a pardo amarillenta cuando húmeda. La reacción de los horizontes A y B en áreas locales es ligeramente ácida. Han sido cartografiados los tipos franco limoso, franco arenoso y franco arenoso fino. Los tipos más arenosos usualmente tienen horizontes B y C correspondientemente más arenosos.

Relieve.—Este suelo se encuentra sobre llanuras de "till" o morrenas; corrientemente ocupa áreas altas bien drenadas de terrenos ondulados. Los perfiles típicos se desarrollan sobre pendientes de 2 hasta cerca de 7 por ciento, aunque las pendientes llegan hasta 25 por ciento y más, especialmente junto a terrazas bajas o vías de drenaje.

Drenaje.—Bueno; la escorrentía es media en las pendientes medias y rápida en las más pronunciadas; el drenaje interno es medio.

Vegetación.—La vegetación nativa incluye árboles deciduos, principalmente roble rojo, arce, fresno, olmo y nogal americano.

Uso.—La mayoría de los suelos Miami han sido deforestados y se usan para agricultura general. Los cultivos principales son avena, trigo, trébol, soya y alfalfa, y, en menor grado, hortalizas. La ganadería lechera constituye una especialidad en algunos distritos. Para aumentar los rendimientos estos suelos requieren rotaciones que incluyan en buena parte leguminosas y el uso de estiércol o abonos verdes y de fertilizantes químicos. Una gran parte de la fase fuertemente pendiente se encuentra dedicada a pasto "bluegrass" permanente y una parte menor está en bosque.

Distribución.—Michigan Sur-central; Ohio Centro-oeste y Oeste; Indiana central, Norte y Este; Sureste de Wisconsin y Noreste de Illinois.

Localización del tipo: Suroeste 1/4 sec. 8, T. 15N.R. 14E. (Lewis Woods), Condado Waine, Indiana.

Establecimiento de la serie: Condado Montgomery, Ohio, 1.900.

Origen del nombre: Llamado así por el Río Miami en el oeste de Ohio.

Serie Ontario.

La serie Ontario incluye suelos Podzólicos Pardo Grisáceos bien desarrollados, bien drenados, sobre "till" glacial firme y calcáreo.

Este "till" está compuesto principalmente por caliza, arenisca, un poco de lutita, con suficiente arenisca o lutita rojiza para darle, cuando seco, una coloración rosada. El perfil natural se encuentra expresado muy claramente. Los suelos Ontario comúnmente, pero no necesariamente, se encuentran asociados con "drumlins". Esta serie constituye el miembro bien drenado de una catena que incluye la serie Hilton imperfectamente drenada, los suelos Kendaia pobremente drenados y los Lyons muy pobremente drenados. Se diferencia de los Honeoys principalmente en el contenido de materiales rojizos en el material originario, lo cual se refleja en los colores pardos o ligeramente rojizos del "till" y el solum. Aunque los suelos Honeoye tienen comúnmente un solum más cercano del neutro, tanto el pH como la profundidad hasta los carbonatos tienen las mismas variaciones a través del perfil total en ambos suelos.

Perfil de suelo (Ontario franco-virgen):

Aoo 2,5 a 0 cms. residuos vegetales de árboles deciduos descompuestos en casi su totalidad y mezclado con suelo mineral hacia la mitad del verano. De 0 a 8 cms. de espesor.

A1 0 a 10 cms.; franco, pardo muy oscuro (10YR 2/2); con una estructura migajosa media moderada; muy friable; neutro; con alto contenido de materia orgánica; numerosos túneles de lombrices; raíces muy numerosas. De 8 a 13 cms. de espesor.

A21 10 a 23 cms.; franco, pardo amarillento claro (10YR 6/4); estructura migajosa fina débil; muy friable; medianamente ácido; se encuentra materia orgánica en los túneles de lombrices; las raíces son numerosas. De 5 a 25 cms. de espesor.

A22 23 a 28 cms.; franco, pardo pálido (10YR 6/3), con estructura migajosa gruesa débil a blocosa subangular media; friable; de medio a ligeramente ácido; se encuentran unos túneles de lombrices; hay numerosas raíces. De 8 a 15 cms. de espesor.

B1 28 a 45 cms., franco pesado, pardo (7,5 YR 5/4), con estructura subangular media moderada; los agregados están cubiertos con una película fina de material limoso pardo pálido; friable; ligeramente ácido; hay raíces. De 8 a 15 cms. de espesor.

B21 45 a 62 cms., franco arcilloso, pardo (7,5YR 5/4), con estructura blocosa subangular moderadamente fuerte cuando húmedo es moderadamente pegajoso y plástico; ligeramente ácido o neutro; se encuentran unos pocos túneles y raíces largas penetran el horizonte. De 15 a 20 cms. de espesor.

B22 62 a 82 cms., franco arcilloso, pardo (7,5YR 5/2); con estructura blocosa angular gruesa moderada; cuando mojado es pegajoso y plástico, cuando húmedo es friable; de neutro a medianamente alcalino; hay unos pocos túneles de lombrices; raíces largas penetran este horizonte. De 18 a 20 cms. de espesor.

B23 82 a 95 cms., franco o franco arcilloso liviano, pardo (7,5YR 5/2), con estructura blocosa gruesa débil friable; débilmente calcáreo; se encuentran raíces largas. De 10 a 15 cms. de espesor.

C Más de 95 cms., franco gravoso, pardo (6YR 5/3) con estructura blocosa gruesa moderada; firme en el lugar pero friable; fuertemente calcáreo; largas raíces se extienden dentro de este horizonte; cuando está seco es gris rosado (7,5YR 6/2).

Variaciones.—El extremo menos ácido de la variación está sobre pH 6,0 y el horizonte A21 está expresado muy débilmente; en el extremo más ácido los horizontes A22 y B1 el pH es cercano a 5,5 o ligeramente menor, y el horizonte A21 se encuentra fuertemente diferenciado y tiene un espesor de 20 a 25 cms. El contenido en materia orgánica disminuye conforme aumenta la acidez. La profundidad hasta llegar a los carbonatos varía de 75 hasta 105 cms. El tipo dominante es el franco, pero se incluyen franco limoso, franco gravoso y franco arenoso fino.

Relieve.—De suavemente pendiente a quebrado. Parte de los suelos está sobre "drumlins".

Drenaje.—Bueno; la escorrentía es de media a rápida y el drenaje interno es medio.

Vegetación.—Arce dulce, tilo americano, cerezo negro, fresno, álamo tulipanero, haya, nogal americano.

Uso.—Los cultivos en estos suelos incluyen alfalfa, "timothy", y trébol, granos menores, maíz, tanto para grano como para ensilaje, repollo, hortalizas para enlatado, manzana, cerezos, peras, frutas pequeñas y pastos. En donde las pendientes son suaves este suelo es muy productivo, pero las pendientes fuertes limitan el uso de muchas áreas.

Distribución.—En el oeste y centro de New York, desde la llanura de Ontario hasta el Valle de Mohawk.

Localización del tipo: 6 Km. al norte de Port Byron, Condado Cayuga, New York.

Establecimiento de la serie: Condado Monroe, New York, 1910.

Origen del nombre: Condado Ontario, New York.

.**Observaciones.**—Los nombres que se dan para los colores del suelo corresponden al estado húmedo. Cuando se estableció esta serie, incluía casi todos los suelos de las partes central y Este de New York en los cuales el "till" tuviera como principal constituyente la caliza. En 1913 se redefinió la serie Honeoye para incluir aquellos suelos no influenciados por los materiales rojos. En 1945 se propuso la serie Dodus con el fin de segregar aquellos suelos sobre materiales rojos que son integrados hacia suelos Podzólicos Pardos.

Serie Parsons.

La serie Parsons incluye Planosoles de colores relativamente claros, asociados con suelos Pradera y Pradera Rojizos, desarrollados en materiales limosos y arcillosos meteorizados a partir de lutitas grises y pardas no calcáreas, pertenecientes principalmente a la Edad Carbonífera. Los suelos asociados Cherokee, están casi a nivel, son Planosoles más fuertemente desarrollados, que presentan horizontes A aún más claros y capas arcillosas (claypans) más fuertemente desarrolladas. Los suelos Woodson son de color más oscuro en todo su perfil. Los suelos Parsons gradualmente pasan a suelos Dennes, los cuales tienen horizontes arcillosos bien desarrollados, pero no son Planosoles.

Perfil del suelo.—(Parsons franco limoso):

A1 0 a 13 cms., franco limoso, pardo grisáceo (10YR 5/1.5, seco) a pardo grisáceo oscuro (10YR 4/1.5 húmedo); con estructura laminar fina, friable; de mediano a fuertemente ácido. De 8 a 18 cms. de espesor.

A2 13 a 30 cms., franco limoso, pardo grisáceo claro o gris claro (10YR 6/1.5 o 6/0.5, seco), estructura migajosa débil o laminar fina; de mediano a fuertemente ácido. De 13 a 30 cms. de espesor.

B21 30 a 45 cms., arcilla, pardo grisácea (10YR 5/1.5 seco), moteada con pardo (10YR 4/3 y gris claro (10YR 6/0.5) y en algunos lugares con pardo rojizo claro; estructura blocosa gruesa; esta capa de arcilla se endurece y se pone resistente cuando se seca y es muy plástica cuando está mojada; los colores en los suelos húmedos son un grado más oscuros; medianamente ácido. De 10 a 20 cms., de espesor.

B22 45 a 90 cms., arcilla, gris oliva claro (5.OY 6/2, seco) a pardo amarillento (2.5Y 5/3, seco) o gris oliva (5.0Y 4.5/2, húmedo), moteado con pardo y gris, con estructura y consistencia similares al horizonte superior; de mediano a ligeramente ácido. De 35 a 60 cms. de espesor.

C 90 a 150 cms.; arcilla masiva o arcilla limosa gris oliva claro, amarillo pálido y pardo oscuro moteado, lo cual gradualmente pasa de arcilloso a limoso, o lutita ligeramente arenosa, grises o marrones. De 15 a 75 cms. de espesor.

D Más de 150 cms., lutita.

Variaciones.—Las texturas del suelo superficial varían desde franco arenoso muy fino hasta franco arcillo limoso, y el espesor total de los horizontes A1 y A2 varía desde 25 hasta 50 cms. En donde este espesor sobrepasa significativamente los 30 cms. se reconocen fases. El espesor total del sólum sobre el lecho rocoso varía desde 75 cms. en pendientes moderadas hasta cerca de 180 cms. en áreas casi a nivel.

Relieve.—Tierras altas desde casi a nivel hasta moderadamente pendientes, con pendientes desde 1 hasta cerca de 4 por ciento.

Drenaje.—Imperfecto; la escorrentía es de media a lenta; la permeabilidad de lenta a muy lenta; los cultivos se encuentran expuestos en estos suelos a las sequías.

Vegetación.—Gramíneas de pradera, principalmente "bluestem".

Uso.—Avena, trigo, linaza y sorgo son los principales cultivos. Los rendimientos son regulares. También crece maíz, pero en virtud de la sequedad del suelo, los rendimientos son inciertos. Parte de la tierra está en pradera natural.

Distribución.—Este de Oklahoma, Sureste de Kansas, y Suroeste de Missouri.
Localización del tipo: Condado Crawford, Kansas.
Establecimiento de la serie: Condado Labette, Kansas, 1926.

Serie Williams.—

La serie Williams incluye los suelos Castaños modales desarrollados a partir de "drift" glacial calcáreo. Los horizontes superficiales son ligeramente más delgados y claros que los de los suelos Barnes de la región de Chernozem y algo más gruesos y oscuros que los de los suelos Scobey de la región de suelos Pardos. Sus perfiles son más gruesos y mejor desarrollados que los de la serie Zahl, desarrollados en la misma región sobre pendientes más fuertes. Es corriente encontrar pedrejones sobre la superficie y en el perfil y muchas de las cimas y laderas de las colinas son pedregosas y gravosas.

Perfil de suelo. (Williams franco):

A11 0 a 2.5 cms., franco, pardo (10YR 5/2, seco) a pardo muy oscuro (10YR 2/2, húmedo), con estructura migajosa

suave; de neutro a medianamente alcalino. De 2.5 a 5 cms. de espesor.

A12 2.5 a 10 cms., franco, pardo (10YR 4/2, seco) a pardo muy oscuro (10YR 2/2, húmedo), estructura laminar débil que se desmenuza fácilmente a migajosa media; de neutro a medianamente alcalino. De 5 a 10 cms. de espesor.

A3 10 a 25 cms., franco pesado o franco limoso, pardo (10YR 4/2, seco) a pardo oscuro (10YR 3/2, húmedo); estructura prismática moderada; de neutro a ligeramente ácido. De 13 a 18 cms. de espesor.

B2 25 a 50 cms., franco pesado, pardo grisáceo (2,5Y 5/2, seco), a pardo grisáceo oscuro (2.5Y 4/2, húmedo), con estructura, prismática fuerte en la parte superior y blocosa muy gruesa, fuerte en la inferior; ligeramente calcáreo. De 20 a 30 cms. de espesor.

Cca 50 a 65 cms., franco o franco limoso, pardo grisáceo claro (2,5Y 6/2, seco) a pardo amarillento (2.5Y 5/4, húmedo); masivo friable o blocoso subangular grueso, débil; altamente calcáreo. De 13 a 18 cms. de espesor.

C Más de 65 cms., arcillo arenoso o "till" franco arcilloso, gris claro (2.5Y 7/2, seco) a pardo amarillento (2.5Y 5/4, húmedo).

Variaciones.—El sólum varía en espesor, especialmente con el grado de pendiente. La profundidad hasta el horizonte más libre de carbonatos varía entre 38 y 60 cms. En levantamientos detallados se necesitan fases de pedregosidad y solonización.

Relieve.—De casi a nivel u ondulado hasta fuertemente quebrado.

Drenaje.—Bueno. La escorrentía y el drenaje interno son medios.

Vegetación.—Gramíneas pequeñas, principalmente grama azul, "wheatgrass" occidental, y especies asociadas.

Uso.—Estos suelos se usan principalmente para trigo de primavera aunque también se siembran avena, cebada, maíz, centeno y linaza. Las áreas de fases pedregosas o muy pendientes son sometidas a pastoreo.

Distribución.—Partes occidentales de Dakota del Norte y Dakota del sur y el noreste de Montana.
Localización del tipo: Condado Williams, Dakota del Norte.
Establecimiento de la serie: Area Williston, Condado Williams, Dakota del Norte, 1906.

APENDICE V. — GUIA PARA ESCALA DE MAPAS

Escala	*Pies por pulgada*	*Pulgadas por 1.000 pies*	*Pulgadas por milla*	*Millas por pulgada*	*Metros por pulgada*	*Acres por pulgada cuadrada*	*Pulgadas cuadradas por acre*	*Millas cuadradas por pulgada cuadrada*
1:500	41,67	24,00	126,72	0,008	12,70	0,040	25,091	0,00006
1:600	50,00	20,00	105,60	0,009	15,24	0,057	17,424	0,00009
1:1.000	83,33	12,00	63,36	0,016	25,40	0,159	6,273	0,00025
1:1.200	100,00	10,00	52,80	0,019	30,48	0,230	4,356	0,00036
1:1.500	125,00	8,00	42,24	0,024	38,10	0,359	2,788	0,00056
1:2.000	166,67	6,00	31,68	0,032	50,80	0,638	1,568	0,00100
1:2.400	200,00	5,00	26,40	0,038	60,96	0,918	1,089	0,0014
1:2.500	208,33	4,80	25,34	0,039	63,50	0,996	1,004	0,0016
1:3.000	250,00	4,00	21,12	0,047	76,20	1,435	0,697	0,0022
1:4.000	333,33	3,00	15,84	0,063	101,60	2,551	0,392	0,0040
1:5.000	416,67	2,40	12,67	0,079	127,00	3,986	0,251	0,0062
1:6.000	500,00	2,00	10,56	0,095	152,40	5,739	0,174	0,0090
1:7.920	660,00	1,515	8,00	0,125	201,17	10,000	0,100	0,0156
1:8.000	666,67	1,500	7,92	0,126	203,20	10,203	0,098	0,0159
1:9.600	800,00	1,250	6,60	0,152	243,84	14.692	0,068	0,0230
1:10.000	833,33	1,200	6,336	0,158	254,00	15,942	0,063	0,0249
1:12.000	1.000,00	1,000	5,280	0,189	304,80	22,957	0,044	0,0359

1:15.000	1.250,00	0,800	4,224	0,237	381,00	35,870	0,028	0,0560
1:15.840	1.320,00	0,758	4,000	0,250	402,34	40,000	0,025	0,0625
1:19.200	1.600,00	0,625	3,300	0,303	487,68	58,770	0,017	0,0918
1:20.000	1.666,67	0,600	3,168	0,316	508,00	63,769	0,016	0,0996
1:21.120	1.770,00	0,568	3,000	0,333	536,45	71,111	0,014	0,1111
1:24.000	2.000,00	0,500	2,640	0,379	609,60	91,827	0,011	0,1435
1:25.000	2.083,33	0,480	2,534	0,395	635,09	99,639	0,010	0,1557
1:31.680	2.640,00	0,379	2,000	0,500	804,67	160,000	0,006	0,2500
1:48.000	4.000,00	0,250	1,320	0,758	1.219,20	367,309	0,003	0,5739
1:62.500	5.208,33	0,192	1,014	0,986	1.587,50	622,744	0,0016	0,9730
1:63.360	5.280,00	0,189	1,000	1,000	1.609,35	640,000	0,0016	1,00
1:100.000	8.333,33	0,120	0,634	1,578	2.540,00	1.594,225	0,0006	2,49
1:125.000	10.416,67	0,096	0,507	1,973	3.175,01	2.490,980	0,0004	3,89
1:126.720	10.560,00	0,095	0,500	2,000	3.218,69	2.560,000	0,0004	4,00
1:250.000	20.833,33	0,048	0,253	3,946	6.350,01	9.963,907	0,0001	15,57
1:253.440	21.120,00	0,047	0,250	4,000	6.437,39	10.244,202	0,0001	16,00
1:500.000	41.666,67	0,024	0,127	7,891	12.700,02	39.855,627	0,425	62,27
1:750.000	62.500,00	0,016	0,084	11,837	19.050,04	89.675,161	0,411	140,12
1:1.000.000	83.333,33	0,012	0,063	15,783	25.400,05	159.422,507	0,562	249,10

Fórmulas	$\frac{\text{Escala}}{12}$	$\frac{12.000}{\text{Escala}}$	$\frac{63\,360}{\text{Escala}}$	$\frac{\text{Escala}}{63.360}$	$\frac{\text{Pies por pulg.}}{\text{x } 0{,}3048006}$	$\frac{(\text{Escala})^2}{43.560 \text{ x } 144}$	$\frac{43.560 \text{ x } 144}{(\text{Escala})^2}$	$\frac{(\text{Pies x pulg.})^2}{(5.280)^2}$

INDICE ALFABETICO

Aandahl, A. R. 585
Ableiter, J. K. 49, 491
Acidez, regulación de la 42
Acidez, términos para 311
Adhesividad, clases 306
Aerofotografía
  ampliación 71
  características 98-107
  control 122
  copias de contacto 71
  costo 75-76
  desplazamiento 104-105
  disponibilidad 66, 77
  distorsiones 101, 106
  entintado 119, 120
  equipo a usar 85
  escala 68, 72, 101
  errores 106
  estudio estereoscópico 110, 115
  giro y desigualdad lateral 104
  inclinación del avión 102
  interpretación 113-116
  limitaciones 73
  líneas de unión 117
  método de la planilla ranurada 592
  necesidad de 65
  números clave 106
  orientación 120
  papel 87
  tipos 71-84
  traslapo 71, 100
  uso 73, 116, 572, 591
  y el uso de la tierra 364
Aeropuertos
  planeamiento 58
  símbolo 143
Afloramiento rocoso 292, 294, 410
  símbolo 156
Agua
  deposiciones por 338
  tanques, símbolo 148
Agrupamiento de suelos 513-517, 527-532
  colores en los mapas 527-532, 559 595-598
  interpretativos 512-517, 527-528, 554,574
  nomenclatura de 529-532
  para clasificación de tierras 43
  por capacidad de uso del suelo 514, 528, 529
  por cultivos 516
  por factor único 517
  por inferencia 24-25
  por peligro de erosión 516
  por productividad del suelo 517
  por requerimiento de cal y fertilizantes 515
  por requerimientos de drenaje 516
  por requerimiento de manejo 514, 528, 532, 554
  por requerimiento de riego 515
Alcalinidad 477-480
  cartografía de la 447, 472-480
  términos para la 311
Alexander, L. T. 274, 580
Aluvión 201
Allaway, W. H. 536
Análisis mecánico 274-275
Animales en el suelo 332
Arcilla
  dispersión de 449
  fosos de 409
  manchas de 156
  cerros-testigo de arcillas, símbolo 156
Areas muestra
  en asociaciones de suelos 29
  para estudio del uso de la tierra 364
  selección de 174, 180

Arena
eólica 202
fosos (depresiones) .. 409
mancha, símbolo 156
tierra dunosa 407
Asociación de suelos 27, 29, 400, 570 573, 576
catenaria 402, 574
ejemplos de 401
interpretación 576
nomenclatura de 402
reconocimiento 576
uso en planificación 54
Bacon, S.R. 586
Bajíos de marea 412
Barnes, C. P. 40
Beaman, W. M. 151, 579
Bear, Firman E. 579
Beckley, V. A. 215
Berdahl, E. T. 535
Berger, K. C. 441
Black, John D. 39, 504, 537, 579
Bleicherde 240
Bodman, G. B. 59, 581
Boileau, Alfred 586
Borradores 88
Bosque
manejo 58
uso de la tierra en .. 364
Botaderos 406, 409
Bracken, L. G. 584
Bryan, H. 457
Bushnell, T. M. 442
Caliche 200, 243, 246, 321
Canal
símbolo 141
símbolo de esclusa 142
Canales y bancos de canal 406
Canteras 409
símbolo 143
Capa arable 248
Capacidades de uso del suelo 46, 514
Capa D 197, 242
Capas de arcilla 214, 322
raíces en las 332
Capas del suelo, terminología común 247
Capas duras en el suelo 319
Capa F. 239, 326
Capa H. 239, 326
Capa L. 239, 326
Capas de Marga 408
Capas transparentes clases de 87
entintado de 120
Carbonatos
en los suelos 311-312, 321
prueba de 315
Carcavas
erosión por. Ver erosión por carcavas
símbolos 157, 353
Cárcavas, forma de las 337, 351
Características del suelo
inferidas 25
observables 24
significación 24
Cartas aeronáuticas 84
Carter, W. T. 573
Carreteras
clasificación de 137
símbolos 138
Catena 215
Cationes intercambiables, influencia sobre el suelo 449
Cementación 190, 309, 319-322
Cementerio, símbolo de 143
Ciénaga 411
Ciénega de marea 411
Ciencia del suelo 13
métodos 18, 20
Clarke, F. W. 198, 579
Clases de suelo 183-272, 282-283, 276-279
agrupamiento de 282
determinación de campo 280
efectos sobre los requerimientos de cal 314
interpretación 272
modificación 279
por fragmentos gruesos 284-286
por pedregosidad 288
por rocosidad 292
nombres 274-280
abreviaciones 189
confusión de 272
porcentaje de saturación 467
relación con el contenido de sal 467
relación con el tipo de suelo 379-384
términos comunes para 283
triángulo para las 277
viejas definiciones verbales 281
Clase textural del suelo. Ver clase de suelo
Clasificación de suelo 19, 177, 367-412
criterios 397-398
definición de las unidades 170-185, 367-404 415, 421
detalle de. Ver Detalle categórico
errores en 16,172, 173, 420 529, 531
evasión de 171, 172, 419, 420
influencia de la erosión en 388
interpretación 533

CLASIFICACION DE SUELOS (Cont.)

leyenda para 170-177
para levantamiento de reconocimiento 573-575
propósito 19, 37-61
relación con cartografía de suelos 426
relación con clasificación de tierras 46
sistema natural 23
suelos alcalinos ..... 447 et. seq.
suelos aluviales 376-378
suelos Esqueléticos 378
suelos salinos ..... 447 et. seq.
suelos poco profundos 378
textura del suelo en la 379-382
unidades 177-184, 367-404
Clasificación de tierras 43-50
Clasificación de tierras para asesoría de impuestos 47, 51-52
Clawson, Marion 579
Clayton, J. S. 571
Cline, M. G. 432, 586
Coates, W. H. 586
Cobertura de arena 202
Coffey, G. N. 11
Colonización
levantamiento de suelos para 272, 578-580
Color ..... 183, 253, et. seq.
anotaciones de 260-270
carta de 263-268
croma 260
determinación de 260-270
disposición del 256
efectos de la humedad 259
láminas de separación 596
matiz del 260
nombres 261-268
significado de 253-256
valor del 260
Cohen, M. R. 579
Coluvión 201, 205, 406
Colwell, W. E. 585
Complejo de suelos 175, 368, 402, 403
nomenclatura 399
relación con tipos miscelaneos de tierras 404
Concreciones 190, 243, 297,317-318
Condición de laboreo del suelo 25
Conductancia eléctrica del agua 468
Confiabilidad, indicación de 576
Cortes de camino para muestreo 174
Correlación. Ver Correlación de suelos
Correlación de suelos 19, 375, 519-525
cartografía esquemática de suelos 34
en el campo 524
final 525
internacional 60
procedimiento 524-525
propósito 523
relación con agrupamiento 529
relación con la leyenda 421
regional 524
Corrientes o cursos de agua,clasificación de las 146
símbolos 146-148
Consistencia apretada 306
Consistencia compacta 308
Consistencia del suelo ... 190, 305-309
abreviaciones para términos de 190
clases cuando húmedo 307
clases cuando mojado 306
clases cuando seco 308
Consistencia densa 306
Consistencia dura 306
Cosistencia esponjosa 306
Consistencia firme 308
Consistencia friable 306, 308
Consistencia harinosa 306
Consistencia migajosa 306
Consistencia plástica 306
Consistencia quebradiza 306
Consistencia suave 306-308
Consistencia suelta 308
Control para aerofotografías. Ver Aerofotografía
Cotton, C. A. 210, 580
Crotovinas 190, 323
Croom, C. W. 586
Croute calcaire (costra calcárea) 200, 243, 246, 321
Cuadras de casas, símbolo 139
Cualidades del suelo 24, 25
Cuestionario para rendimiento de cultivos 498-502
Cultivos
áreas para 57
grupos de suelos para 516
Cummings, R. W. 313
Cursos de agua (véase corrientes de agua)
Chandler, R. F. 239, 326, 580
Chase, Agnes 580
Dansdill, R. K. 585
Datos cortográficos
métodos de preparación de 591
recopilación de los 65
Datos censales, su uso para predicción de ren-

dimiento 504
Ver también Pronósticos de rendimiento
Datos de laboratorio
determinaciones necesarias 443
interpretación 444
limitaciones de 480
muestras para 431
planificación de 525
Datos marginales en hojas de campo 168
Davis, R.O.E. 457
Davis, W. A. 586
Deficiencias de nutrición 60
Departamento de carreteras del Edo. de Michigan 59, 581
Depósitos de playa 202
Depósito de glaciales 203-205
de playa 202
Depresiones estériles (playas) 201, 409
símbolo 149
Depresión, símbolo 149
Desplazamiento (Drift)
en aerofotografías 104
glacial 203
Deslizamientos 343, 407
Deslizamientos de suelos 205
Desperdicios 406
Detalle cartográfico 172, 173, 175, 176, 368, 400, 403, 424-428
Detalle categórico 172, 369, 370, 372, 399, 403,427
excesivo 420
Diques 142
Distancia en clasificación de tierras 49
estimación de la 423, 424
Distribución de tamaño. Ver Clase de Suelo y Análisis mecánico
Drenaje 181, 209, 213
agrupamiento de suelos por 516
de suelos turbosos 56
fase de 395
planificación del 56
símbolos 144-148
Ver también Drenaje del suelo
Drenaje del suelo 222-231
alteración del 231
clases 228-231
externo. Ver Escurrimiento superficial
interno 226
valoración del 222, 223
Drenaje interno potencial 223
"Drumlins" 203
Dunas 202
Dunbar, C. O. 198, 580
Dwyer, C. H. 587
Edelman, C. H. 181
Edificios, símbolos 138
Edwards, M. J. 586
Eflorescencia en suelos 323
Ely, R. T. 57
Embalse, símbolo 142
Embarcadero, símbolo .. 142
Englehorn, A. J. 491
Entintado 119, 120, 128
Envases para muestras de suelos 436
Envío de mapas 167
Equipo de campo 85
Equipos de pruebas 315
Equipos para pruebas de suelos 85-98
Erosión 184, 333-357
acelerada ..... 333 et seq.
contra erosión natural 333, 334
por levantamientos ... 343
cartografía de ..... 340 et seq.
catastrófica 333
ciclos 333, 343
clases 345-357
relación con la clase erodada del suelo 388
de cárcavas 337
de surcos 337
deposiciones de 339, 354
efectos de 356
efectos del fuego 342
eólica. Ver Erosión eólica y Suelo barrido por el viento. Ver también Suelo erodado
estándares para 344
estimaciones de 340-343, 344
evaluación de 346, 356
fases. Ver Fases de suelos
geológica 333, 334
hídrica 336
clases 346-354
laminar 336
natural 333, 334
por cárcavas 337, 353
peligro de 184, 388
agrupamiento de suelos por 516
clases de 357
susceptibilidad a la .. 344, 345, 388
relación con las fases de pendientes 385
relación con el tipo de suelo 344
Erosión del suelo
Ver Erosión y Suelo Erodado.
Erosión eólica ..... 339 et seq.

Errores
control de 428
comunes 163
en clasificación de suelo 17, 171, 172, 420, 530
en colocación de nombres 167
en leyendas 419-422
en linderos de suelos 165
en nomenclatura de suelos 530, 531
en símbolos 420
por omisión de 164, 165
interpretación errada .. 165
Escala
aerofotografía ..... 71 et seq., 101
de los mapas 27, 130-134, 571
factores determinantes 66 et seq.
Escalas, equivalentes 630, 631
Escurrimiento 224, 225
control de, en la finca 41
superficial 224
Escuela, símbolo 139
Estaciones de control 122-127, 154, 155
Estaciones de triangulación, símbolo 155
Estación salvavida, símbolo 143
Estereoscopios 108
Estereovisión, Teoría de la 107
Estructura del suelo 183, 297-304
clase 297-302
blocosa 300
columnar 300
compuesta 303
granular 300
laminar 300
migajosa 298
prismática 300
abreviaciones de los términos para 189
efectos de las raíces sobre la 332
grado 301
Examen del suelo 169, 431, 443, 455-472 477-480
Exposición del suelo 182-222
Factores genéticos 12
Familia de suelos 368, 397-399
Faros, símbolos 143
Fase. Ver Fase de Suelos
Fase alta, de fondo 396
Fase arenada 391
Fase cubierta (overblown) 391
Fase cubierta de limo 396
Fase de abanico 396
Fase de deposición 391
Fase de espesor del suelo 394
Fase de fondo, baja 396
Fases de montículos eólicos 391
Fase de sólum delgado .. 395
Fase de sólum grueso .. 395
Fase del suelo 22, 296, 368, 382-396, 402
alcalina 480
barrida 354, 390
de drenaje 395
de pendiente del suelo 384-388
nomenclatura 384
Ver también Pendiente del suelo.
de profundidad 393
drenada 395
erosionada 345, 352, 355, 388-390
por el viento 355, 390
fisiográficas 395
gruesa 394
identificación 170-173
pedregosa 296, 391
quemada 396
relación con el grupo indiferenciado 403
relación con la asociación de suelos 402
relación con la familia de suelos 399
relación con la serie suelos 371
relación con la variante 396
relación con tipos misceláneos de tierras 404
rocosa 296, 392
salina 473
símbolos 415-418
superficial 393
Fase delgada 395
Fenneman, N. M. 210, 580
Fertilidad del suelo 24
estimación de la 24, 445, 515, 543
Fertilización 42
Ferrocarriles, símbolos .. 139, 140
estación, símbolo 140
Ferry, símbolo 141
Finca
análisis de registro 497
clasificación 40
demostración 32
de investigación piloto 32, 488, 492
experimental 32
guía para compradores 53
libros de registro 496
planes para 38, 40-43, 537
predesarrollo 32
presupuestos 40
pronósticos para 39
Finca de demostración
Ver Finca
Finca experimental
Ver Finca.

Fincas piloto de investigación
Ver Fincas
Flint, R. F. 198, 580
Forma del terreno 181
nombres de 209, 210
relación con las series de suelos 375
Formación de cárcavas . 337, 347-351
Fosos 409
Fosos de préstamo .....
para relleno 409
Fosos mineros y botaderos 406, 409
símbolo 149
Fosos y botaderos 406, 409
Foster, Z. C. 586
Fotografías
cómo tomar 191-196
para informes de levantamientos de suelos 565
Fotomapas 78
uso 130
Fragipanes 322
raíces en 331
Fragmento 297
Fragmento de pedernal
símbolo 156
Fragmentos gruesos 271, 283-287
límites de tamaño 284
nombre de los 285-287
Frahm, E. E. 467
Fuego, su efecto sobre erosión 342
Gedroiz, K. K. 12
Geetin, G. H. 215
Gilgai 211, 212
Gladwin, F. J. 586
Glassey, T. W. 586
Glinka, K. D. 12, 580
Goldston, E. F. 586
Gotas de lluvia, efectos sobre el suelo 336
Gowers, Ernest 535
Gran grupo de suelos .. 368
relación con la asociación de suelos 401
Grava
minas (fosos) 409
minas de, símbolo 143
símbolos 156
Griffith, G. 215
Grupo indiferenciado de suelos 368, 400, 403
Guijarros 286
Gumbotil 203
Hall, Milton 535
Hamby, Robert 586
Hardman, J. H. 95
Harper, W. G. 584
Harradine, F. F. 585
Harris, J. W 535
Heiberg, S. O. 239, 326
Herramientas para muestreo de suelos .. 91
Hicks, L. D. 59, 581
Hierro
cementación por 320
efectos del óxido sobre color 254, 255
Hilgard, E. W. 9, 11
Hitchcock, A. S. 580
Hocksensmith, R. D. 225
Hojarasca 326
Hojas de campo
datos marginales 168
envío 167
registro de 167, 168
revisión 162, 428
terminadas 136
Hojas extra 136, 428
Horizonte del suelo 233
A 239
Ao 239, 327
Aoo 239, 327
A1 239
A2 240
A3 240
Ap 240
antrópico 245
B 240
B1 241
B2 241
B3 241
C 241
Cca 200, 242
Ccs 243
endurecidos 244
enterrados 243, 244
espesor 249
G 242
color de 256
genéticos 233
gleizados 242, 243
ilustración de 235, 236
interpretación de 235, 236
irregularidad 250
límite 187, 188, 250
medida 248-250
muestras 431
nomenclatura 233-250
profundidades 249
subdivisión 245,435
subíndices para los ... 243
topografía 251
variación horizontal 251
Horizonte permanentemente helado (permafrost) 244, 247
Hornos 144
Hornos de coque, símbolo 144
Howard, Montague 586

Hubbard, E. H. 586
Humus 329
Humus ácido (mor) 326
Humus dulce (mull) 326
Iglesia, símbolo de 139
Ignatieff, Vladimir 313, 580
Ilustraciones
leyendas para 567
preparación de 564
tamaño 565
titulación 566
Indicadores de pH 477
Indices fotográficos
uso de 73, 106
Infiltración 226
Informes
correlación 519
inspección 519
levantamiento de suelos 533
Ver también El Informe del Levantamiento de suelos.
Inspección del Levantamiento de Suelos 135, 519-525
Inundaciones
frecuencia 231
planificación de medidas para reducción de 57
Jefe del levantamiento, deberes y responsabilidades 162, 169, 413, 421, 429, 485, 519, 523
Jenkins, Clifton 586
Jennings, D. S. 95, 587
Jenny, H. 580
Johnson, Neil W. 40
Johnson, W. G. 535
Jones, G. H. 215
Jurney, R. C. 586
Kames 204
Kellog, Charles E. 10, 12, 15, 34, 49
Kellsh, H. T. 592
Kelly, O. J. 95
Kemp, J. F. 580
Kilmer, V. J. 274, 580
King, F. H. 11
Kitchen middens 407
símbolo 157
Knobel, E. W. 585
Knopf, A. 198, 580
Labranza 41
Lagos
secos, símbolos 148
símbolos 145
Lajas 286
Lane, B. H. 535
Lapham, Macy H. 20
Lápices 85
Laterita 246, 319
Lava
deposiciones (coladas) de 408
símbolo 156
Leighty, Ralph G. 585
Leighty, W. J. 586
Levantamiento de suelos 22, 37
como clasificación de tierras 43
de reconocimiento 569-578
detallado 170, 369-370
ejemplos de 584-587
en áreas no desarrolladas 577
esbozos de linderos 426
exploratorio 570
informe del 21, 533-567
agrupamiento de color para el 527-532, 559
contenido del 537
descripción del área .. 538
descripción de suelos 545
esbozo acerca de la discusión de los suelos 542
esbozo de como se formaron los suelos .. 556
esbozo de geografía y agricultura 538
escritura del 535
forma ..... 536 et. seq.
fotografía para el 565
grupo interpretativo de suelos 554
ilustraciones 563
ilustraciones y tablas 537-541
introducción 554
literatura citada 558
morfología y génesis del suelo 556
orden de preparación 562
plan general 560-563
prácticas especiales 556
pronósticos de rendimiento 550
propósito 37-61, 533
requisitos 34
inspección del ..... 519 et. seq.
interpretación del 481-525
origen 9-15
para poblamiento 52, 571
para presuntos compradores de tierras 53
para zonificación rural 57
plan de trabajo 63, 64, 65, 135, 169, 445, 485
"rápidos" 22
requerimientos para unidades de ..... 177, 367 et. seq., 399
uso de 529

usos en ingeniería 59
Levantamiento por intersección 121
Leyenda
clasificación para la 170
de campo 129
descriptiva 35, 169, 413, 421, 521
estándar 416
identificación 415, 418
muestra de 417
no controlada 419
para cartografía de suelos 413-422
para ilustraciones 567
propósito 418, 421
series de suelos en la 375
Leyenda de suelos no controlada 419-421
Libreta de notas 184
Liebig, Justus Von 10
Límites civiles 149
Límites de suelos 424-429
de áreas afectadas por salinidad 456, 474
detalle 26, 40, 130-135, 176, 367-370
excesivo 130-135
identificación 25
importancia relativa .. 425
localización 121, 122, 424-427
precisión 427
reconocimiento 569
Línea costera
de isla, símbolo 146
de río, símbolo 145
Línea de alta tensión, símbolo 142
Líneas de piedra 206
Líneas de tierras públicas 151
Líneas de Unión 117-119, 163, 164
Líneas de vuelo 100
Litografía 598
Lobeck, A. K. 210, 580
Loess 202
Lomas (craddle Knolls) 212
Longwell, C. R. 198, 580
Lotes experimentales 38
Lugares barridos por el viento (blowouts).. 339, 355, 406
símbolo 156
Lunt, H. A. 239, 326
Lutz, H. F. 580
Magistad, O. C. 469
Manantiales de agua, símbolo 148
Mancha húmeda, símbolo 157
Manchas lustrosas (slick-spots), origen 453
Manchas sarnosas
origen 453
Manejo del suelo 25, 481, 485, 490, 514, 521, 553
clase de 486
conjunto de prácticas .. 486, 553
grupo para 516
niveles de 486
relación con la erosión 356
Mapas
acabado del 596
composición 591, 595
de asociaciones de suelos 28-35
de factores únicos 21
de reconocimiento 30, 570
escala 571
de salinidad 472
detalle necesario 40
detallado 592
detallado-reconocimiento 30, 570
en áreas de riego 55
edición 597
equivalente de escalas 630, 631
escala ..... 66 et seq., 130 et seq.
esquemáticos 571, 572, 577
uso de 572, 573
exactitud 27, 40, 65, 69, 80, 82, 125-127, 360, 361, 423,427, 572
generalizados 569
hojas secundarias 135, 428
impresión de 598
interpretativos 21
pruebas de 597
representación gráfica 98 et. seq.
reproducción 591, 598
unidades sobre los 23
Mapas base para levantamientos
de suelos 25, 66, 84
Mapa de reconocimiento de suelos 28
Mapas de suelos 21
clases 26
detallado 26
detallado reconocimiento 30
esquemático 26, 33
exploratorio 34
generalizado 26, 31
propósito 37, 59
reconocimiento 28, 569
Ver también Mapas
Mapa de suelo generalizado 369
Mapas planimétricos 83
uso 128
Mapas topográficos 79-83, 128
Maquetas 544
Marburt, C. F. 14, 531, 580
Martin, W. S. 215
Materiales barridos

por el viento 202
Materiales glacio fluviales 204
Materiales glacio lacustres 204
Materiales lacustres 201
Materia orgánica 325-332
clase de 327
conservación de la 42
descomposición de 328
efecto sobre el color .. 259, 329
y el cultivo 330
Material originario 182, 197, 206, 373
estratificación 206
origen 206
transporte 200
Matzek, B. L. 586
McIntyre, C. L. 584
Meteorización y formación del suelo 197
Métodos científicos 18
Método de la plantilla ranurada 592-595
Merrill, G. P. 10
Microelementos 60
Micro relieve 211, 212
Milne, G. 215
Miller, E. C. 581
Miller, J. T. 586
Mitchel, J. 571
Mogen, C. A. 585
Monogramas 468, 471
Monolitos 440
Monolitos de suelos 440, 442
micromonolitos 441, 443
a escala 442
Montículos de sotos 212
Moodie, C. D. 440
Morrenas 203
Mosaicos aéreos 67, 74, 129
uso 129, 573
Moss, H. C. 572
Moteado
clases 188, 262
descripción de 261, 264
Mowery, I. C. 586
"Muck" 205, 382
nombre de clase de suelo 285
Muckenhirn, R. J. 441
"Mucky"
nombre de clases de suelo 285
"Mucky peat" 382
nombre de clase de suelo 285
Muelles, símbolos 142
Muestras de suelo 431-445
almacenamiento 439
clases 434
contaminación 174, 434
en lotes 33
envases para 436
errores en la selección del sitio 433
etiquetas de identificación 437
fragmentadas 433
modelo de etiquetas para 438
para determinación de sales 454, 455
propósito 432, 433
selección del sitio 174, 433
tamaño 435
toma de 432, 435
Muestreo 432
Muestreo de suelos 432-443
herramientas 91
Munsell, anotaciones de color 260-270
Nagel, Ernest 579
Neustruev, S. S. 12, 581
Nikiforoff, C. C. 249, 298, 586
Nivel Abney 217, 218
Nombres lugareños 158
Nomenclatura
de series de suelos 375, 376
del suelo 523
Nomenclatura de suelos.. 367, 375, 402, 417, 523-525, 573
Notas
de campo 428
sobre suelos 179-191
Números de municipios y áreas boscosas 152
Nygard, Iver, J. 34
Obras y estructuras, simbolos 137
Odell, R. T. 491
Odom, L. E. 586
Olmstead, F. R. 59, 581
Orientación en aerofotografías 120
Ortstein 320
Osterde 320
"Outwash" glacial 204
Palas 91
Pantanos 408
símbolos 144-445
Papel fotográfico 87
Pares estereoscópicos en aerofotografía 71
"Peaty muck" (muck turboso) 382
nombre de clase de suelo 279
"Ped" 298
Pedología 13
Pedregosidad 183, 271, 287, 288-292
clase de 288

PEDREGOSIDAD (Cont.)
fases de ... 391
significación de ... 290, 291
símbolo ... 156
Peech, M. ... 581
Pendiente. Ver Suelo pendiente
Pendiente del suelo ... 215, 217-222
característica de ... 215
cartografía de ... 386
clases de ... 217
A ... 219
B ... 219
C ... 219
D ... 220
E ... 220
F ... 221
fases ... 384-388
forma ... 221
largo ... 221
relación con la susceptibilidad a la erosión 385
relación con los estándares de erosión ... 340
separación ... 384-388
significación ... 216
símbolos ... 416
Ver también Fase del suelo
única contra compleja 217, 221
Perdigones ... 243
Perfil del suelo ... 12, 233, 372
como punto ... 367
descripción ... 182
examen ... 169 et. seq.
fotografías de ... 194-196
hipotético ... 236
modal ... 367
ra'ces en el ... 330
relación con el relieve 213
Permeabilidad del suelo 225
clases ... 226
Pettijohn, W. J. ... 586
pH ... 311
determinación ... 477, 478
interpretación ... 478, 479
medida ... 313
pruebas para ... 98
variabilidad ... 478, 479
Picos ... 91
Piedras. Ver Pedregosidad
Piedras, espaciamiento de las ... 291
Plan de asesoramiento 38 et seq.
Plan de trabajo ... 63
Planeamiento de un levantamientos de suelos 63 et seq.
Planisaicos ... 79
Plantas, relación con la reacción del suelo ... 312
Plasticidad, clases ... 307
Playas ... 405
Playas de lagos ... 405
Playón (river wash) ... 405
Plumas ... 88
Podsol, cambios en ... 179, 180
Podzol Kauri ... 329
Poulson, A. E. ... 584
Poulson, E. N. ... 584, 585
Pozo de gas, símbolo ... 143
Pozo petrolero, símbolo . 143
Pozo, símbolo ... 148
Productividad del suelo 25, 484
agrupamiento de suelos por ... 517
clases de ... 51
valoraciones ... 481, 510
Profundidad de los suelos ... 377
clases ... 377
fases ... 393
Pronósticos
datos para ... 491-507
de rendimiento ... 481-511, 550
confiabilidad de ... 490
en el informe del levantamiento de suelos ... 537
en levantamiento de reconocimiento de suelos ... 573, 578
estimación de ... 507
para prácticas de manejo de suelos ... 481-483, 493
por asociación de suelos 400
por complejos de suelos 402
por unidades de suelos 38 et. seq.
requerimientos para los 364
revisión de ... 485
tabla de ... 481, 506, 510
uso de datos censales para ... 504
utilización de datos de laboratorio ... 443
v. s. recomendaciones 38
Puente Wheatstone ... 454 st. seq.
Puente electrolítico ... 454 et seq.
cuidado del ... 469
correcciones de las lecturas por temperaturas ... 457
imterpretación de lecturas ... 457
Puentes, símbolos ... 140
Puntos de referencia de nivel ... 152, 153-155
Raíces ... 191, 326
cantidades en el suelo de ... 327
distribución de ... 330
Raymond, L. W. ... 215
Reacción del suelo ... 311-316
determinación de las ... 313

REACCION DEL SUELO (Cont.)
indicadores 314, 477
influencia de las plantas 312
terminología para 312
Redacción, requerimiento de 536
Reed, G. F. 313
Reitemeier, R. F. 469
Relieve 181, 209, 210
posiciones de 213, 214
Relieve normal 213
Rellenos 408
símbolo 156
Remociones por minería hidráulica 406
Rendimientos
arreglos de los 506-509
campo muestra 493
estandars 511
promedio 487
pronóstico de 504
Ver también Pronóstico de rendimientos
puntos o valores de referencia 481, 489
registro de 489
registro en las fincas .. 496
uso de cuestionarios .. 498-503
uso de entrevistas 503
variación de 487, 488, 498
Represas
planeamientos de la ubicación 56
símbolos 142
Requerimientos de cal y clase de suelo 314
Revisión de hojas de campo 162, 428
Richards, L. A. 450, 479, 581
Richardson, M. L. 585
Riecken, F. F. 536, 585
Riego
agrupamiento de suelo para 515
clase de tierra para 48, 49
mapas de suelo para 472, 473
planificación 55
Ripio 410
Roberts, C. W. 535
Roberts, R. C. 451, 584, 587
Robinson, G. W. 581
Rocas 199
Roca matriz 197
Rocosidad 271, 287, 292-295
clase de 293
significación de 292-295
Rompeolas, símbolos 142
Rotulación 159
estandar 161-162
Russell, E. J. 581
Russell, E. W. 581
Rutas de buques, símbolos 141
Sal cíclica 448
Salinidad
cartografía de 447, 472-480
clase de 473-477
determinación de 454, 475
en series de suelos .. 378
influencia sobre el suelo 448
origen 448-454
por el extracto de saturación ..... 456 et. seq.
símbolo 157
Salinización 452
Sayre, C. R. 579
Schaefer, George 587
Schoenmann, L.R.A. 55, 586
Scoltes, W. H. 585
Schuchert, C. 198, 580
Scott, F. W. 535
Sedimentos marinos 202
Separados del suelo 273-274
Serie Barnes, descripción 601
Serie Canaseraga, descripción 603
Serie Cecil, descripción .. 605
Serie Charlton, descripción 607
Serie Cookeville, descripción 609
Serie Dalhart, descripción 611
Serie de suelos ..... 371 et. seq.
cambios por erosión 333
de material estratificado 380
descripción, muestras de 601-628
en suelos Aluviales .. 376-378
monotipo 374
nomenclatura 375, 380
relación con la familia de suelos 397, 398
relación con el grupo indiferenciado 403
relación con el tipo de suelo 379-382
relación en asociaciones de suelos 400
separación de 369, 374, 378, 382
variación en textura .. 374
variantes 396
y forma del terreno .. 209
Serie Drummer, descripción 612
Serie Fargo, descripción 613
Serie Fruita, descripción 615
Serie Lyons, descripción 617
Serie Mesa, descripción .. 619
Serie Miami, descripción 621

Serie Ontario, descripción 623
Serie Parsons, descripción 626
Serie Williams, descripción 627
Shaler, N. S. 10
Shaw, C. F. 281
Shearin, A. E. 586
Sherard, Hoyt 584
Shively, S. B. 331
Shrader, W. D. 586
Símbolos
acueducto y oleoductos 142
aeropuerto 143
afloramiento rocoso 156
blowout 156
botaderos de minas 149
canales 141
canteras 143
cárcava 157
carreteras 137
cementerios 143
colados de Lava 156
colocación de 160
combinación de 415-418, 421
compuertas de canales 142
convencionales 414-415
corrientes de agua 146, 147, 148
manzanas de casas 139
depresiones 149
depresión estéril 149
diques 142
drenaje 144, 146
edificios 138
embalses 142
embarcaderos 142
escuelas 139
estación de ferrocarril 140
estaciones de triangulación 152
estación salvavida 143
faro 143
fases de suelo 418
pendiente 416
ferrocarriles 139, 140
ferry 141
fraccionales 416
fragmento de perdenal 156
fundiciones 144
grava 156
hornos 144
hornos de coque 144
iglesias 139
kitchen middens 157
lagos 145
lagos secos 148
líneas costeras
de islas 146
de mareas 144
líneas de alta tensión 142
líneas de tierras públicas 151
límites civiles 149
malecones 142
manantial 148
manchas de arcilla 156
mancha de arena 156
manchas húmedas 157
mancha salina 157
mina de grava 143
minas y canteras 143
montecillos aislados de arcilla 156
montecillos eólicos 156
muelles 142
orillas de ríos 145
pantanos 144
paso a dos niveles 140
pedregosidad 156
pequeñas áreas 415
pozo 148
pozo de gas 143
pozos petroleros 143
puentes 143
represas 142
rompe olas 142
rutas de buques 141
subdivisión de Condado 151
suelo 415
erroneo 420
suelo alcalino 157, 474
suelo cubierto 157
suelo erosionado 157, 352, 354
suelo no erodado 157
suelos salinos 157, 474
tanques de agua 148
tierras artificiales 156
tipos misceláneos de tierras 153-157
túneles 142
uso de la tierra 417
uso en mapas 564
vados 141
veredas 141
y nombres 418
zanjas 141
Símbolos convencionales 414, 415
Signos convencionales 136-157
Simonson, R. W. 257, 491
Sistema de cultivo 41
Ver también Manejo de Suelos
"Sketchmaster" 88-90
"Slikens" 410
Smith, Guy D. 491, 536, 581, 585
Smith, H. T. U. 116, 581
Smith, H. W. 440
Smith, L. H. 587
Smith, R. S. 491
Snedecor, George W. 581
Sodio, total soluble 479
Solodización 452
Solod 452
Solonchak 451

Solonetz 452
Solonetz-solodizado 453
Sólum 236, 245-247
Sotos (Montículos) 212
Springer, M. E. 586
Stephens, C. G. 320
Strickland, L. J. 586
Striker, M. M. 584
Subdivisión de los Condados, símbolos 151
Substrato 248
Subsuelo 248
Suelo 16-18
como área 364
conceptos de 9-20, 46, 177-181
descripción ..... 169,177-191, 545 et. seq. 601-628
enterrado 206
Suelo alcalino ..... 448 et. seq.
clase de 473-475
morfología 450, 451
origen 448-454
símbolos 157
Suelo alcalino salino 448
Suelos Aluviales 376, 377
no diferenciados 405
Suelos antrópicos 181
Suelos barridos por el viento 339, 354, 390
Suelos calcáreos 450
Suelos, color del. Ver Color
Suelos pedernalino 285
Suelo cubierto, símbolo . 157
Suelo Channery 285
Suelo de grano simple .. 301
Suelo enterrado 206
Suelo erodado 337-357
clase 1 (agua) 346
clase 1 (viento) 354
clase 2 (agua) 347
clase 2 (viento) 354
clase 3 (agua) 348
clase 3 (viento) 354
clase 4 (agua) 350
depósitos eólicos en montículos 355
fases 355, 357, 388-391
Suelos Esqueléticos 214, 378
Suelos esquistosos 286
Suelo gleizado 242, 247
Suelos gravosos 286
Suelo guijarroso 286
Suelos Halomórficos 215
Suelos Hidromórficos 215
Suelo Lajoso 286
Suelos litocrómicos 254
Suelo masivo 301
Suelo normal 173, 213
Suelos Pardo Forestales subárticos, cambios en los 180
Suelos pedregosos 287
Suelos Pizarrosos 287
Suelo productivo 484
Suelos profundos 377
Suelo salino 448
clase de 473-475
morfología 450
origen 448-454
símbolo 157
variaciones 450
Suelo subsuperficial 248
Suelo superficial 248
Suelos superficiales 377
Suelos vírgenes 179
Swanson, L. W. 168
Taladro de suelos 93, 178
mecánicos 95, 97
Talud 205, 335
Taylor, David 586
Templin, E. H. 586
Términos
abreviaciones de 188-190
estandarización 177
origen de 6
Términos genéticos para series de suelos 373
Terrazas
acantilados 412
fase 209, 395
Terrón 297
Textura. Ver también Textura del suelo y Clase de suelo
Textura del suelo 183, 189, 271, 379
Thorp, James 332
Tierra Aluvial 404
arenosa 405
cantos rodados 405
gravosa 405
guijarrosa 405
mezclada 405
pedregosa 405
Tierra barrida por el viento (Blown-outland) 354, 390, 405
Tierra coluvial 406
Tierra coluvial pedernalina 406
Tierra coluvial pedregosa 406
Tierra con cárcavas 337, 338, 347-351 390, 407, 412
Tierra coquina 406
Tierra de cenizas, volcánicas 412
Tierras de cultivo 364
Tierra de desperdicios petroleros 409
Tierra de escorias 410
Tierra de pastoreo 365

Tierra de ripio 291, 296, 410
Tierra diatomeacea 200
Tierra dunosa 407
Tierra escabrosa quebradiza 410, 411
Tierra escabrosa quebrada y pedregosa 411
Tierra escabrosa quebrada y rocosa 410
Tierra inservible (Badland) 405. 410, 411, 412
Tierra montañosa escabrosa 410
Tierra muy pedregosa .. 411, 412
Tierra ociosa 48, 365
Tierra pedregosa 291, 391, 411
en complejos 411
Tierra pedregosa rocosa 295, 411
Tierra pendiente con cárcavas 407
Tierras públicas
adquisición de 56
Tierra rocoso 294, 392, 409
Tierras, Tipos Misceláneos de 47, 404-412
Ver también Tipos Misceláneos de Tierras
Tierra urbana 365, 412
"Till" glacial 203
Tintas 86
Tipo de suelo 379-382
como unidad natural .. 23
dentro de series de suelos 371
duda en la definición 381
fases de pendiente en 388
identificación ..... 170 et. seq.
monofase 383
relación con la asociación de suelos .. 400
relación con la variante 396
relación con grupo indiferenciado 403
relación con el tipo de tierras 46
salinidad del 470
Tipos Misceláneos de tierras 47, 404
relación con asociaciones de suelos 400
símbolos 156, 157
Tipos naturales de tierra 46
Topografía 212
Toposaicos 79
Torgerson, E. F. 586
Traslapo, aerofotografía.. 71, 100
Ver también Aerofotografía
Traslapo lateral, aerofotografía 100
Triángulo de clases de suelos 277
Tuberías 60
símbolo 142
Túneles, símbolo 142
Turba 205, 382
clase de 205
muestreador de 95
nombre de clase de suelo 279
Ulrich, H. P. 585
Unidades cartográficas .. 175, 367
Unidades taxonómicas 178-181, 367, 413
combinadas 399, 403
Uso del suelo ..... 512 et. seq.
capacidades de 46, 514
Usos de los suelos en ingeniería 58
Uso de la tierra 41, 184, 363-365
cartografía de 364
clases 47, 364
descripción de 363
en la finca 40
planeamientos 54-58
símbolos 417
Valoración de tierras .. 47, 50-52
Van Slyke, E. J. 585
Variantes de suelo 380, 396
Varvas 204
Veatch, J. O. 586
Vegetación 184, 190, 359-362
cultivada 359
descripción de la 359
influencia sobre los suelos salinos 447
muestra de 434
nativa 359
natural 359
relación con los suelos 360
relación con sales 469
secuencia de 362
y el suelo 45
Veredas, símbolos 141
Visión estereoscópica 107
Von Engeln, O. D. 210, 581
Waksman, S. A. 12
Wallace, T. 581
Watkins, W. I. 586
Weaver, J. E. 331
Wehrwein, G. S. 57
Whitney, Milton 10
Wilcox, L. V. 465, 469
Wilcox, W. W. 579
Wildermuth, Robert 584
Williams, B. H. 586
Wonser, C. H. 584
Wood, G. W. 535
Woolley, E. C. 535
Yoder, Gerald 586
Youngs, F. O. 587
Zanjas, símbolos de 141
Zonificación rural 54

IMPRESO EN VENEZUELA POR
GRAFOS Imp. Asoc., C. A.
Telfs.: 34-55-71 al 74
Avenida Sucre - Dos Caminos