



PETROLOGIA I: ROCAS IGNEAS

PROGRAMA CLASES TEORICAS

Tema 1.- Definición de roca ígnea. Calor y transmisión del calor. Conductividad térmica. Número de Peclet. Gradientes térmicos y adiabáticos. Estructura térmica y mecánica de la corteza. Relación entre las rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. Importancia de las rocas ígneas y su relación con la geología. Distribución de las rocas ígneas en la corteza. Relación de las rocas ígneas con la tectónica.

Tema 2.- Minerales más importantes de las rocas ígneas: olivinas, piroxenos, anfíboles, micas, feldespatos, feldespatoides, cuarzo. Minerales accesorios: apatita, circón, monacita, titanita, allanita, óxidos de hierro y titanio, cordierita, granate. Minerales secundarios y reacciones subsólidas. Alteraciones deutéricas y meteóricas. Comparación con alteraciones hidrotermales.

Tema 3.- Composición de las rocas ígneas. Composición modal: métodos de análisis. Clasificación de las rocas ígneas. Clasificación modal según la Sociedad Geológica Internacional de las plutonitas. Texturas principales. Clasificación modal y química de las vulcanitas (TAS). Los problemas en la clasificación de las vulcanitas. Texturas principales. Diagramas de variación y su significado. Series calcoalcalinas y alcalinas. Series tholeíticas. Saturación de álcalis respecto a sílice y respecto a alúmina. Formación de núcleos cristalinos. Crecimiento de cristales. Distinción entre plutonitas y vulcanitas. Concepto geológico de las rocas hipabisales. Enclaves en las rocas ígneas.

Tema 4.- Introducción al concepto de magma. Propiedades físicas y reología del magma. Viscosidad. Diferentes tipos de viscosidad. Cálculo de la viscosidad. Comportamiento newtoniano y bingham. Flujo laminar y turbulento. Número de Reynolds. Convectividad de cámaras magmáticas. Número de Rayleigh. Flujo de sólidos: reptación (creep). Comparación entre deformación por viscosidad y reptación. Caracterización reológica de la litósfera. Tipos de contactos: concordantes y discordantes. Armónicos y disarmónicos.

Tema 5.- Comportamiento de los volátiles en el magma: H₂O, FH, ClH, B, CO₂. Variación de la saturación con la presión, temperatura y composición. Ebullición retrógrada. Incremento interno de la presión en cámaras magmáticas superficiales. Variación de la viscosidad por efecto de los volátiles. Variaciones en la temperatura de fusión por los volátiles. Sobreenfriamiento y metaestabilidad: su influencia sobre las texturas. Reconocimiento indirecto de los volátiles en las rocas ígneas: variaciones texturales, zonalidad de plutones, análisis de miarolas, alteraciones deutéricas, naturaleza de las reacciones subsólidas. Granitos hipersolvus y subsolvus.

Tema 6.- Geología de los cuerpos ígneos. Niveles de emplazamiento. Métodos para su determinación: a) análisis del tipo de contacto y su relación con el contraste de viscosidad; b) geología de la roca de caja. Morfología de los cuerpos intrusivos: lopolitos, facolitos, stocks, batolitos, diques, filones capa, lacolitos. Diques aplítico-pegmatíticos y sus relaciones con los cuerpos ígneos. Naturaleza del techo de un plutón. Fracturación hidráulica y fracturación térmica. Las vulcanitas extrusivas: sus texturas. Relación con las vulcanitas intrusivas. Depósitos de



caída, flujo de cenizas, ignimbritas, domos, coladas, brechas. Geometría de los edificios volcánicos, volúmen de los mismos y requerimientos energéticos. Relación entre plutonitas y vulcanitas. Relación entre plutonitas y migmatitas. Mecanismos de erupción. Tipo de volcanes. Vulcanismo hawaiano, stromboliano y peleano. Nociones de stoping y formación de calderas. Diques anulares y radiales. Diapirismo. Ballooning.

Tema 7.- Asociaciones volcánicas. I) Asociaciones basálticas. Tipos de basaltos y su importancia en la corteza. Características petrográficas, químicas y geológicas. Basaltos de dorsales oceánicas. Basaltos de islas oceánicas y rocas asociadas. Plateaux basálticos continentales. Basaltos de arcos oceánicos. II) Asociaciones volcánicas alcalinas. Naturaleza de los rifts continentales. Shoshonitas y rocas perpotásicas. III) Asociaciones andesíticas orogénicas. Geología de las andesitas. Las andesitas de la Cordillera de los Andes y sus rocas asociadas: dacitas y riolitas. Relación de algunas series alcalinas con la asociación orogénica andina. IV) Asociaciones riolíticas y plateaux ignimbríticos. Comparación con riolitas de otros ambientes: las riolitas peraluminosas y peralcalinas.

Tema 8.- Asociaciones plutónicas. Plutones aislados. Batolitos y sus composiciones. Variaciones composicionales en el espacio y en el tiempo. Zonalidad de plutones y el concepto de facies ígnea. Batolitos orogénicos. Los batolitos de la Costa de Perú, de Cordillera Blanca, Perú, y de Colanguil, Argentina. Variación composicional de los batolitos transversal y longitudinal respecto de la zona de subducción. Marco tectónico. Batolitos anorogénicos. Los complejos alcalinos. El rift de Oslo.

Tema 9.- Asociaciones ultramáficas. Complejos ultramáficos estratificados. Bushveld, Sudáfrica y Stillwater, Estados Unidos. Complejos básico estratificados: Skaergard, Groenlandia. Complejos ultramáficos alpinos. Complejos ofiolíticos y su importancia geotectónica. Plagiogranitos y komatitas. Macizos anortosíticos.

Tema 10.- Mapeo de las rocas ígneas y su importancia. Métodos y objetivos. Elección de la escala. Nomenclatura estratigráfica de las rocas ígneas. Estratigrafía ígnea: Complejos ígneos, Grupos, Formaciones, Superunidades, Segmentos, plutones, suites. Importancia de la lupa y su utilización en el mapeo. Empleo de imágenes satelitarias y fotografías aéreas. Técnicas de muestreo y manipulación de muestras. Concepto de representatividad de la muestra. Muestreos para análisis radimétricos y su relación con la geología de las rocas ígneas.

Tema 11.- Nociones sobre la cristalización de un magma. Evolución térmica. Equilibrio de fases. Diagramas binarios y ternarios. Diagramas más importantes de la petrogénesis. Curvas de cristalización según la variación de la temperatura y la presión de vapor de agua. El sistema granítico.

Tema 12.- Evolución de la composición en un magma. Diferenciación magmática: cristalización fraccionada, filtro-prensaje, formación de cumulos por sedimentación y por flujo, principio de Soret. Zonación de cámaras. Evidencias geológicas de los procesos mencionados. Mezcla de magmas. Asimilación. Diques sinmagmáticos. Relación entre diferenciación magmática y convectividad. Los parámetros geoquímicos y la discriminación tectónica. Los Granitos tipo I, S, A.

Tema 13.- Importancia económica de las rocas ígneas. Revestimientos, aislantes, material



de construcción, áridos. Perlitas, áridos, balasto. Construcción de caminos. Diaclasas. Resistencia mecánica de las rocas ígneas.

PROGRAMA DE LAS CLASES PRACTICAS

- 1.- Reconocimiento megascópico de las rocas ígneas. Utilización de la lupa.
- 2.- Minerales de las rocas ígneas. Reconocimiento megascópico y microscópico.
- 3.- Reconocimiento de texturas y estructuras megascópicamente y microscópicamente.
- 4.- Construcción de diagramas de variación de distintos tipos.
- 5.- Cálculo de normas para clasificación química.
- 6.- Complejos plutónicos. Estudio de muestras de mano y al microscopio.
- 7.- Complejos máficos y ultramáficos.
- 8.- Plutonitas alcalinas.
- 9.- Complejos volcánicos-plutónicos. Naturaleza de las rocas hipabisales. Estudio de muestras de mano y al microscopio.
- 10.- Basaltos olivínicos. Estudio de muestras de mano y al microscopio.
- 11.- Basaltos tholeíticos. Estudio de muestras de mano y al microscopio.
- 12.- Complejos volcánicos: Andesitas y rocas asociadas. Estudio de muestras de mano y al microscopio.
- 13.- Complejos volcánicos: Riolitas. Estudio de muestras de mano y al microscopio.
- 14.- Complejos volcánicos: Vulcanitas alcalinas. Estudio de muestras de mano y al microscopio.
- 15.- Utilización de imágenes satelitarias y fotografías aéreas.

BIBLIOGRAFIA

- Castro, A., 1987.- On granitoid emplacement and related structures. *Geol. Rund.*, 76/1: 101-124.
- Agustithis, S.S., 1993. Atlas of Granitization - Textures and Processes. Theophrastus publications, 378p., Athens.
- Araña Saavedra, V. y R. Ortiz Ramis, 1984.- *Volcanología*. Editorial Rueda, España
- Bard, J.P., 1985.- *Microtexturas de rocas magmáticas y metamórficas*. Versión castellana M. Lago San José. Masson S.A., Barcelona, 181 pp.
- Bayly, B., 1993. *Chemical change in deforming materials*. Oxford University Press, 256p., New York.
- Best, M., 1982.- *Igneous and metamorphic petrology*. W.H. Freeman & Co, San Francisco, 630 pp.
- Bonin, B., 1986.- *Ring complex granites and anorogenic magmatism*. Elsevier, 187 pp.
- Brown, G., Hawkesworth, C. y Wilson, C., 1992. *Understanding the Earth*. Cambridge University Press, 551p., Cambridge.
- Caroll, MR y Holloway, J.R., 1904. *Volatiles in magmas*. Mineralogical Society of America, Castelli, D., Connolly, J.A.D. y Franceschi, G., 1997. VERTEXVIEW: An interactive program to analyze and plot petrological phase diagram. *Computers & Geosciences*, 23: 883-888.
- Clarke, D.B., 1992. *Granitoid rocks*. Chapman & Hall, 283p., London.
- Condie, K.C., 1997. *Plate tectonics and crustal evolution*. Butterworth-Heinemann, 282p., Oxford.
- Cox, K.G., J.D.Bell y R.J. Pankhurst, 1978.- *The interpretation of igneous rocks*. Allen & Unwin,

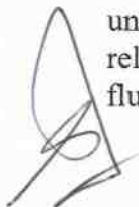


- Londres, 690 pp.
- Cox, K.G., McKenzie, D.P. y White, R.S., 1993. *Melting and Melt Movement in the Earth*. Oxford University Press, 200p., New York.
- Didier, N. y Barbarin, B., 1991. *Enclaves and Granite Petrology*. Elsevier, p., Amsterdam.
- Fisher, R.V. y H.U. Schmincke, 1984.- *Pyroclastic rocks*. Springer Verlag.
- Gill, J., 1981.- *Orogenic andesites and plate tectonic*. Springer Verlag, 385 pp.
- Gonzalez Bonorino, F., 1976.- *Mineralogía óptica*. Eudeba, 342 pp.
- Hall, A., 1987.- *Igneous petrology*. Longman Scientific & Technical, Nueva York.
- Hargraves, R.B., 1980.- *Physics of magmatic processes*. Princenton University Press, 585 pp.
- Hibbard, M.J., 1995. *Petrography to Petrogenesis*. Prentice Hall, 587p., New Jersey.
- Huang, W., 1968.- *Petrología*. Utea, Madrid, 546 pp.
- Johannes, W. y Holtz, F., 1996. *Petrogenesis and experimental petrology of granitic rocks*. Springer Verlag, 335p., Holanda.
- Karey, P. y Vine, F.J., 1995. *Global tectonics (2nd edition)*. Blackwell Science, 352p., Londres.
- Kern, R. y A. Weisbrod, 1967.- *Thermodynamics for geologists*. Freeman, Cooper & Co, 304 pp.
- MacKenzie, W.S., C.H.Donaldson y C.Guilford, 1982.- *Atlas of igneous rocks and their textures*. Halstead press, 148 pp.
- Marre, J., 1982.- *Méthode d'analyse structurale des granitoides*. Bureau Rech. Geol. Miniere, Manuels et methodes N°3, 121pp.
- Martí, J. y Araña, V., 1993. *La Volcanología Actual*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 578p., Madrid.
- Mazzoni, M., 1986.- *Procesos y depósitos piroclásticos*. Asoc. Geol. Arg., Serie B Didáctica N° 14, 115 pp.
- McBirney, A.R., 1984.- *Igneous petrology*. Freeman, Cooper & Co, San Francisco, 504 pp.
- Nicholls, J. y Russel, J.K., 1990. *Modern methods of igneous petrology: understanding magmatic processes*. Mineralogical Society of America, *Reviews in Mineralogy*, 314p., .
- Nicolas, A. y Poirier, J.P., 1976. *Crystalline plasticity and solid states flow in metamorphic rocks*. John Wiley & Sons, 444p., Nueva York.
- Nicolas, A., 1987. *Principles of rock deformation*. D. Reidel Publishing Company, 208p., Dordrecht, Holanda.
- Park, M.G., 1988. *Geological structures and moving plates*. Blackie, Chapman & Hall, p., Nueva York.
- Pitcher, W.S., 1993. *The Nature and Origin of Granites*. Blackie Academic & Professional, p., London.
- Pitcher, W.S., M.P.Atherton, E.J.Cobbing y R.D.Beckinsale, 1985.- *Magmatism at a plate edge: The peruvian Andes*. J.Wiley & Sons, 328 pp
- Poirier, J.P., 1991. *Introduction to the physics of the Earth interior*. Cambridge University Press, 264p., Cambridge.
- Ranalli, G., 1987. *Rheology of the Earth*. Allen & Unwin, 366p., Boston.
- Ryan, M.P., 1990. *Magma transport and storage*. John Wiley & Sons, p., New York.
- Shelley, D., 1993. *Igneous and metamorphic rocks under the microscope*. Chapman & Hall, 445p., Londres.
- Sorensen, H., 1974.- *The alkaline rocks*. Wiley Interscience, 622 pp.
- Sparks, R.S., H.E.Huppert y J.S.Turner, 1984.- *The fluid dynamics of evolving magmatic chambers*. Phil. Trans. R. Soc. London, A 310: 511-534.
- Srivastava, R.K. y Chandra, R., 1995. *Magmatism: in relation to diverse tectonic settings*. A.A. Baalkema, 475p., Brookfield, Vt.



- Tatsumi, Y. y Eggins, S., 1995. Subduction zone magmatism. Blackwell Science, 160p., London.
- Taylor, S.R. y Mc Lennan, S.M., 1985. The continental crust: its composition and evolution. Blackwell, 312p., Oxford.
- Teruggi, M.E. 1980.- Clasificación de las rocas ígneas. Ed. Cient. Librart, Buenos Aires, 33 pp.
- Teruggi, M.E., 1950.- Las rocas eruptivas al microscopio. Museo Arg. Cienc. Naturales B. Rivadavia, Serie didáctica, 431 pp.
- Teruggi, M.E., M.Mazzoni, L.S.Spalletti y R. Andreis, 1976.- Rocas piroclásticas: interpretación y sistemática. Asoc. Geol. Arg., Publ. Especial, 54 pp.
- Turcotte, D.L. y Schubert, G., 1982. Geodynamics - Application of continuum physics tp geological problems. John Wiley & Sons, p., New York.
- Tuttle, O.F. y N.L. Bowen, 1958.- Origin of granite in the light of experimental studies in the system NaAlSi3O8-KAlSi3O8-SiO2-H2O. Geol. Soc. Amer., Mem. 74, 153 pp.
- Wickman, S.M., 1987.- The segregation and emplacement of granitic magma. Journ. Geol. Soc. London, 144: 281-297.
- Williams, H. y A.R.McBirney, 1979.- Volcanology. Freeman, Cooper & Co, San Francisco, 397 pp.
- Williams, H. y McBirney, A., 1979. Volcanology. Freeman,Cooper & Co., 397p., San Francisco.
- Williams, H., F. Turner y G. Gilbert, 1968.- Petrografia. Compañía editora Continental, S.A., 430 pp.
- Wilson M., 1989.- Igneous petrogenesis. A global tectonic approach. Unwin Hyman, Londres: 466 páginas.
- Wilson, M., 1989. Igneous Petrogenesis. Unwin Hyman, 466p., Londres.
- Yoder, 1979.- The evolution of igneous rocks. Princenton University Press, 588 pp.

- 1) **Contenido Global del curso:** El curso contiene los fundamentos de las rocas ígneas, tanto en su aspecto físico como geoquímico. Se incluyen temas como teoría del calor, dinámica de fluidos y reología con la finalidad de poder entender la naturaleza de los cuerpos ígneos y su significado en la corteza. El énfasis es práctico y tiene por finalidad que los alumnos reconozcan los cuerpos ígneos en el campo. Esto tiene aplicación en estructural, tectónica geología de yacimientos, geología de nuestro país, etc. Se trata de formar un buen profesional. He escrito apuntes sobre reología, dinámica de fluidos, teoría del calor, cuerpos ígneos laminares. En la actualidad estoy redactando los capítulos referentes a cuerpos ígneos globosos y edificios volcánicos.
- 2) **Inserción de la materia en el diseño curricular vigente:** Es un curso de grado que se encuentra en la mitad de la carrera. Forma parte de unos de los pilares de la geología, que es el reconocimiento y descripción de las rocas y los cuerpos que ella forman. Se requieren conocimientos previos de física (calor, mecánica y dinámica de fluidos), química, estructural y mineralogía.
- 3) **Articulación con otras asignaturas:** El curso se da sobre la base que las rocas ígneas forman parte de la historia geológica de una región. Por este motivo hay una continua integración con otras disciplinas. Las más cercanas son geología estructural, metamorfismo, mineralogía y sedimentación. Tectónica global está siempre presente y probablemente es la disciplina que une a todas las asignaturas. Se introduce el valor comercial de las rocas, por lo cual se relaciona con materias aplicadas. Se emplean conceptos de física, en particular dinámica de fluidos y teoría del calor. Se explican y aplican conocimientos de reología.





4) Objetivos generales y específicos: En parte fueron explicados en los puntos anteriores. Como objetivo principal es impartir los conocimientos necesarios para ejercer la profesión. Enseñar a observar y a distinguir lo real del modelo teórico. El alumno debe aprender el lenguaje de la materia, y por encima de todo a manejar conocimiento y aprender a razonar.

5) Metodología: Clases teóricas y clases prácticas. En clases teóricas además de las explicaciones, se emplea el método mayéutico, con participación del alumnado. Este método da buenos resultados porque hace interactiva la clase.

6) Forma y tipo de evaluación: Examen final a libro abierto. En el examen final no se evalúa la capacidad de memoria sino la capacidad de resolver problemas. Trabajos Prácticos tres parciales consecutivos con recuperación, de acuerdo con lo que establece los reglamentos vigentes.

6) Duración y cronograma: Duración dos Semestres (abril a noviembre con receso de invierno). El cronograma consiste en: propiedades físicas de sólidos y fluidos. Minerales y texturas. Rocas y clasificación. Tipos de cuerpos ígneos. Series Igneas. Diferenciación magmática. Utilización de las rocas ígneas.

7) Equipo Docente: Profesor Titular: Eduardo Jorge Llambías; Profesor Adjunto: Eugenio Aragón, Jefe de Trabajos Prácticos: Yolanda Aguilera; Ayudante de Primera: Pablo González.

EDUARDO J. LLAMBIAS
Centro de Investigaciones Geológicas
CALLE 1 N° 644
1900 LA PLATA - ARGENTINA