

SABER Y TIEMPO

REVISTA DE HISTORIA DE LA CIENCIA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

ESCUELA DE HUMANIDADES

CENTRO DE ESTUDIOS DE HISTORIA DE LA CIENCIA JOSÉ BABINI

SAN MARTIN (BUENOS AIRES)

ENERO-JUNIO 2005

SABER Y TIEMPO. Revista de Historia de la Ciencia

Publicación del CENTRO DE ESTUDIOS DE HISTORIA DE LA CIENCIA JOSE BABINI
Escuela de Humanidades, Universidad Nacional de San Martín,
Calle 83 (Yapeyú) 2068, 1650 San Martín, Provincia de Buenos Aires.
Teléfono: (011) 4580-7281; Fax: (011) 4580-7274. E-mail: CBabini@unsam.edu.ar

ISSN 0328-6584

Registro de la Propiedad Intelectual N° 690907

Hecho el depósito que marca la ley.

Impresa en Impresiones Dunken

Ayacucho 357 C1025AAG Buenos Aires

Director

Nicolás Babini

Codirector

Diego H. de Mendoza

Secretaria de Redacción

Ana María Vara

Prosecretaria

Cristina Mantegari

Secretario de Coordinación

Alejandro Drewes

Consultores

Miguel J. C. de Asúa, Néstor T. Auza, Guillermo Boido, Horacio H. Camacho, Carlos D. Galles, Gregorio Klimovsky, Celina A. Lértora Mendoza, Marcelo Montserrat, Irina Podgorny, Alberto G. Ranea, Luis Alberto Romero, Mario Tesler, Gregorio Weinberg.

**Este número se publica con el apoyo de
la Fundación Konex**

Número suelto: \$ 15,00. Suscripción a cuatro números (un volumen): \$ 50,00.

Ventas: Librería Dunken, Ayacucho 357; Buenos Aires.

Suscripciones y consultas: Centro de Estudios de Historia de la Ciencia "José Babini",

SABER Y TIEMPO

Vol. 5 No. 19 (2005)

Contenido

Editorial

La historia de la astronomía en América Latina

Artículos

- 13 *Antonio Augusto Passos Videira*
Emmanuel Lias e o Imperial Observatório do Rio de Janeiro
- 29 *Jorge Bartolucci*
La modernización de la ciencia en México y la Política de Buena Vecindad en el caso de la astronomía
- 51 *Camilo Quintero*
Bajando las estrellas a la tierra: la astronomía colombiana entre lo global y lo local, 1868-1920
- 73 *Pedro R. Chalbaud Cardona y Yajaira Freites*
La astronomía en Venezuela: el Observatorio Cajigal y la experticia extranjera
- 113 *Edgardo R. Minitti y Santiago Paolantonio*
Observaciones en la Latitud Sur de la América remota
- 127 *Eduardo L. Ortiz*
La Comisión del Arco de Meridiano

Enfoques

- 189 *Cristina Mantegari*
El Departamento de Historia de la Ciencia de la Universidad de Buenos Aires en las décadas de 1960 y 1970

Recordatorios

- 199 Entre la investigación y la gestión de la ciencia: Semblanza de EMMA PÉREZ FERREIRA (1925-2005) (Ana María Vara). Una vocación sarmientina en la era tecnológica: MANUEL SADOSKY (1914-2005) (Nicolás Babini).
- 211 **Publicaciones recibidas**

**LA COMISIÓN DEL ARCO DE MERIDIANO.
ASTRONOMÍA, GEODESIA, OCEANOGRAFÍA Y
GEOFÍSICA EN LA ARGENTINA DE 1935-1945**

A Alberto P. Maiztegui

Eduardo L. Ortiz

Imperial College, Londres

En 1936 el gobierno argentino creó una Comisión Nacional para la Medición de un Arco de Meridiano en territorio argentino, otorgándole una autonomía relativamente amplia y un presupuesto considerable. La empresa, que debía quedar concluida en doce años, fue puesta bajo la dirección del astrónomo Félix Aguilar. Cuando éste falleció, en 1943, la Comisión había concluido ya casi la mitad de su programa.

Si bien la Comisión se proponía contribuir a la determinación de la figura de la tierra, a través de ella la Argentina pretendía, también, estrechar sus vínculos con redes científicas internacionales, mostrar su vigor técnico en el marco latinoamericano y ampliar su escenario técnico-científico basándose en la experiencia que ganaría en un proyecto geodésico y mareográfico de grandes dimensiones.

En el seno de esta Comisión se realizó un interesante ejercicio de interacción entre grupos de científicos, técnicos y miembros de las fuerzas armadas. Las actas de los debates que tuvieron lugar en la Comisión evidencian las tensiones y afinidades existentes en esos años en la comunidad científica argentina, tanto en sus relaciones con los grandes organismos técnicos del Estado, como con los organismos técnicos de las fuerzas armadas.

El estallido de la Segunda Guerra Mundial forzó a esa Comisión a desarrollar una política de sustitución de importaciones, haciendo uso intensivo de los recursos humanos disponibles en el país y, ante la falta de información técnica extranjera, a intentar desarrollos propios. El Observatorio y el Museo de la Universidad Nacional de La Plata desempeñaron un papel central en el éxito de sus tareas. En alguna medida, la Comisión Nacional del

Arco anticipó las formas de colaboración científico-militar que caracterizaron el proyecto nacional de desarrollo de la energía atómica que se iniciaría unos quince años más tarde.

Introducción

La creación de una Comisión Nacional para la medición de un arco de meridiano en el territorio de la Argentina en 1936, con considerable autonomía en su presupuesto, es indicativa de la preocupación por el desarrollo de ciertas actividades científicas que comenzó a emerger en el más alto nivel de gobierno hacia mediados de la década de 1930.

La Comisión del Arco respondía a un pedido de apoyo que el gobierno argentino había recibido de la Unión Internacional de Geodesia. En su respuesta al pedido, la Argentina mostraba tanto su interés por el robustecimiento de su comunicación con redes científicas de carácter internacional, como una mayor conciencia de su necesidad de establecer un intercambio más dinámico con las actividades de los países científicamente más avanzados. Esta postura sugiere, también, una buena disposición de las autoridades nacionales por participar en los proyectos científicos de las grandes potencias y colocar a la Argentina más firmemente dentro de la problemática y los proyectos de esas naciones. Esta actitud gubernamental tenía antecedentes históricos, por ejemplo en el apoyo prestado hacia 1870 al proyecto astronómico de Benjamín Gould y, una docena de años más tarde, al del tránsito de Venus, pero no había sido seguida sino de forma intermitente.

Sin embargo, el apoyo a este proyecto particular mostraba cierta selectividad por parte de las autoridades, ya que en ese momento tenía cierto interés para la Argentina desarrollar potencialidades en sectores de la ciencia y de la técnica relacionados con la defensa, un tema que llegaría a ser dominante a partir de la década siguiente. Hacia mediados de 1930, con una razón clara o sin ella, el tema de la defensa había comenzado a preocupar seriamente a las autoridades nacionales en el marco mucho más amplio de los preparativos para lo que luego fue la Segunda Guerra Mundial. Hasta esa fecha se había tendido a sumar esfuerzos, en materia de cartografía, geodesia, hidro-

grafía y oceanografía, alrededor de instituciones militares, principalmente el Instituto Geográfico Militar y el Servicio Hidrográfico de Marina. La historia de la Comisión del Arco sugiere una intención de apertura hacia sectores considerablemente más amplios, que incluían más directamente la comunidad científica local.

De las discusiones en el seno de la Comisión resulta también claro que en ese proyecto había también una componente asociada con la imagen técnica que la Argentina deseaba proyectar en el escenario latinoamericano contemporáneo, al que comenzaba a prestar un interés nuevo [Halperín Donghi 2003: 173]. En febrero de 1935, luego de un recorrido por diversos puntos de América del Sur, el profesor holandés Vening Meinesz, que era uno de los más destacados geodestas y geofísicos de la época y también Presidente de la Unión Internacional de Geodesia, dictó una serie de conferencias en Buenos Aires en las que destacó la importancia de la medición de un arco de meridiano en América del Sur, posiblemente en la Argentina. Los futuros miembros de la Comisión escucharon con satisfacción sus opiniones, que colocaban a la geodesia de la Argentina a la vanguardia de la de América Latina. Como veremos, además de intentar cumplir con su cometido institucional en la Argentina, la Comisión del Arco hizo esfuerzos serios por conectar la ya elaborada red trigonométrica de la Argentina con las de países vecinos, en particular con las redes de Chile y Bolivia, dando con ello muestras de la pujanza, en ese momento de la Argentina, de esa rama particular de la tecnociencia. Esta circunstancia tenía cierta urgencia, dado que en ese mismo período diversas comisiones conjuntas discutían aspectos técnicos del trazado definitivo de los límites de la Argentina con sus países limítrofes.

Las responsabilidades atribuidas a la Comisión del Arco fueron amplias. Entre ellas se contaba el planeamiento estratégico de la campaña geodésica; la formación de personal de campaña, tanto técnico como auxiliar; la inspección periódica de las diferentes unidades en campaña y el control de la disciplina técnica en ellas. Así mismo, el cuidado de las condiciones de vida en una campaña que se habría de desarrollar, en parte, en terrenos con clima hostil y condiciones sanitarias no exentas de riesgos serios para la salud. Tampoco escapaba a

su jurisdicción administrativa el mantenimiento de una flota de vehículos de transporte y de equipo especial para el alojamiento temporal y la alimentación de su personal en campaña.

Además, en su sede de Buenos Aires debía atender la supervisión del trabajo del personal de gabinete y la consolidación de archivos; organizar facilidades para el procesamiento numérico regular de los datos provenientes de la campaña, y planear el estudio estadístico de los errores de medición, de los que, en alguna medida, dependía el control y el buen éxito de las mediciones sobre el terreno.

Era también responsabilidad del personal superior de la Comisión prestar atención permanente a las innovaciones técnicas que pudieran mejorar el desarrollo de sus tareas. Por ejemplo, al análisis de las ventajas que podría ofrecer el uso intensivo de las comunicaciones radiofónicas entre las diferentes unidades, y entre ellas y la sede central en Buenos Aires; al uso de la aerofotografía como herramienta de la geodesia; al desarrollo de técnicas novedosas de medición, adaptadas a un terreno donde predominaban las llanuras extensas y, también, al mantenimiento y aun la mejora de ciertas características de diseño de los métodos, instrumentos, y aparatos científicos utilizados en la campaña. Finalmente, en su debido momento, debía atender la producción de una serie de publicaciones donde se volcarían los resultados obtenidos por los miembros de la Comisión.

La Comisión del Arco es un ejemplo, si no único al menos interesante, de un organismo científico-técnico especialmente diseñado para resolver un problema específico en un plazo temporal preciso; en su caso, fijado en doce años. Esa comisión tenía objetivos considerablemente más específicos que los que se manejaban entonces en algunos sectores de la investigación académica en la Argentina. Por otra parte, su breve pero interesante historia sugiere que los sectores académicos universitarios no eran, en esa época, los exclusivos generadores de avances en el campo de la investigación científica. No sólo intentó esta Comisión introducir innovaciones técnicas, con éxito variado, sino que también logró establecer interesantes relaciones de trabajo con una cantidad de reconocidos investigadores científicos que trabajaban en diferentes sectores académicos de la Argentina.

En algunas ocasiones pudo, incluso, ofrecer a esos científicos la oportunidad de operar en condiciones mucho mejores que las que permitía el laboratorio. Por ejemplo, en el caso de las investigaciones sobre luz lateral les fue posible experimentar con los poderosos reflectores de los buques de la Marina de Guerra y con reflectores antiaéreos de la Aeronáutica Militar.

Los esfuerzos de la Comisión tienen también cierto interés en una dirección diferente: su empeño por establecer relaciones de trabajo con ingenieros de diseño que actuaban en organismos técnicos de punta de reparticiones del Estado. Ellos eran depositarios de saberes técnicos y científicos no triviales, que una visión de la historia de la actividad científica en la Argentina excesivamente centrada en la región universitaria, puede oscurecer. La composición misma de la Comisión le daba la oportunidad de ampliar y robustecer los canales de comunicación entre sectores científicos, técnicos y de la defensa.

Antecedentes de la Comisión

La posibilidad de medir un arco de meridiano en la Argentina, aprovechando que su territorio se extiende predominantemente en la dirección Norte-Sur, había sido discutida con mucha anterioridad a 1936. Una de las primeras iniciativas data de 1870, cuando el geodesta alemán Christian August Vogler aceptó una cátedra de matemática en la Universidad de Córdoba atraído por la idea de llevar a cabo esos trabajos en sus períodos de vacaciones [*Vogler 1874*]. Su permanencia en la Argentina fue muy breve y no pudo siquiera iniciarlos.

Desde esa época, la idea fue retomada en varias ocasiones. Una década más tarde, en 1882, un grupo de astrónomos franceses visitó la Argentina para observar el tránsito de Venus; una colección de instrumentos astronómicos adquiridos a esa expedición sirvió de base para la organización del Observatorio de La Plata. En ese mismo año el Gobernador de la Provincia de Buenos Aires, Dardo Rocha, consideró la posibilidad de medir un arco de meridiano a lo largo de un trazado incluido totalmente en la Provincia de Buenos Aires. Para ello hizo uso de contactos anteriores con el Director del Observatorio de París, el astrónomo francés Ernest Barthélémy Mouchez, principal

promotor del proyecto de la Carta del Cielo [*Mouchez 1887*], en el que tomó parte la Argentina. En 1883 renovó esas gestiones con el astrónomo italiano Giovanni Virginio Schiaparelli, Director del Observatorio de Brera, en Milán, más tarde conocido por su hipótesis sobre la existencia de canales en el planeta Marte.

Desde la prensa, y tomando una sugerencia de los astrónomos franceses visitantes, Paul Groussac, entonces Inspector de Escuelas, apoyó la idea de Rocha de medir un arco de meridiano en la Argentina y propuso, además, que se planeara un extenso relevamiento del territorio nacional. Hacia fines de ese mismo año 1883 y luego de superar considerables dificultades, Gould pudo concluir una determinación precisa de la longitud de Valparaíso. Con más idoneidad y prudencia, Gould se oponía a esos proyectos y comentaba, en carta del 27 de diciembre de 1883 a su hija Alice, que “*At any rate all the papers of the country are making themselves very hilarious over Mons. Groussac and his arc of meridian*”. Pensaba, además, que detrás de ese proyecto había el intento de obtener una suma grande de dinero del Estado: “*having a little hole on which he might get his fingers into the Treasury, and then make a big pull*”.

El astrónomo argentino Félix Aguilar se graduó de Ingeniero Geógrafo en la Universidad Nacional de La Plata en 1910 [*Anónimo 1943, Gershanik 1979: 114-115*], fue luego becado por su Universidad para realizar estudios en Alemania, Francia e Italia y regresó al país en 1913. Desde fines de la década de 1920 publicó trabajos científicos relacionados con la determinación de la figura matemática de la Tierra. Uno de ellos fue su discurso de incorporación a la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Buenos Aires, en octubre de 1928 [*Aguilar 1931*]. En 1916, Aguilar fue designado Director del Observatorio de La Plata, dependiente de la Universidad de esa ciudad, y permaneció en ese cargo hasta 1920; en 1934 fue nuevamente designado Director. Entre sus dos períodos como Director del Observatorio se desempeñó en la Sección de Geodesia del Instituto Geográfico Militar, al que ingresó en 1921; en 1922 reemplazó al entonces Director de esa Sección, el

geodesta alemán Guillermo (Wilhelm) Schulz. En 1923 fue designado profesor de la Escuela Superior de Guerra del Ejército, donde dictó cursos avanzados en temas de astronomía y geodesia. Más tarde esos cursos pasaron a la Escuela Superior Técnica, un instituto de elite para la formación de oficiales en ramas próximas a la ciencia y la tecnología moderna. A través de los años, Aguilar mantuvo lazos estrechos de amistad personal y científica con algunos de los miembros directivos de esas instituciones militares. Es interesante destacar que, tanto en 1916 como en 1934 (dejando de lado interinatos breves), el paso de la Dirección del Observatorio de La Plata a manos de Aguilar marcó una transferencia de comando de astrónomos extranjeros a un astrónomo argentino. Del astrónomo estadounidense William J. Hussey, en la primera oportunidad, del alemán Johannes Hartmann en la segunda.

En la primera mitad de la década de 1930, Aguilar promovió la medición de un arco de meridiano en territorio argentino, canalizando sus esfuerzos a través de la Universidad de La Plata. En 1936 fue invitado a pronunciar una conferencia en el Instituto Popular de Conferencias de *La Prensa*, importante foro intelectual de Buenos Aires, donde se prestaba especial atención a problemas nacionales. En esa oportunidad Aguilar fundamentó la importancia de la medición de un arco de meridiano en territorio argentino y presentó un bosquejo de la ley que debía regir las actividades de la comisión encargada de esa tarea [Aguilar 1937]. En su conferencia, enfatizó la importancia de esa medición para la determinación de límites interprovinciales (recientemente reglamentados por la Ley 12.251), para la defensa nacional, para el diseño de obras públicas, para las tareas de cartografía y, también, para la determinación de la figura de la Tierra. No dejó de destacar [Aguilar 1937: 199] que no era un halago para un “recto sentimiento nacionalista” el que hasta entonces, desde Félix de Azara a Charles Darwin y otros sabios, las más importantes tareas geográficas en la Argentina hubieran sido llevadas a cabo por especialistas extranjeros.

Composición de la Comisión

La Comisión del Arco fue creada por Ley No. 12.334 a fines de 1936 (para el debate parlamentario ver: *DSCD 1936*, 5: 527; *DSCS 1936* 2: 502). Para cumplir con sus tareas se le había programado, como he dicho, una existencia de doce años. Aunque en su proyecto [*Aguilar 1937*: 213, Art. 2º] el autor había propuesto que el Presidente de la Comisión fuera el Director del Instituto Geográfico Militar, el Poder Ejecutivo prefirió designar a Aguilar para ese cargo. El Presidente de la Comisión tenía responsabilidad por la dirección de los trabajos y estaba facultado para designar personal auxiliar. La ley de creación de la Comisión la hacía depender del Ministerio de Justicia e Instrucción Pública, pero le había asignado un presupuesto anual propio de 230.000 pesos que podía administrar con cierta independencia.

Otra iniciativa, de sanción casi simultánea, fue la Ley 12.338, de creación de un programa de becas internas y externas para investigadores científicos (para el debate parlamentario ver: *DSCD 1936*, 5: 551; *DSCS 1936*, 3: 230). El gobierno encargó la administración de este programa a la Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias, organismo fundado en 1934 por un grupo de científicos argentinos y presidido por el fisiólogo Bernardo A. Houssay. Sin embargo, la Asociación manejaba ese programa con una autonomía mucho más limitada que la que gozaba la Comisión del Arco. Aunque quizá fuera una formalidad, sus decisiones sobre la adjudicación de becas no eran finales: estaban supeditadas a la aprobación personal del Presidente de la República que era quién de hecho las otorgaba. Sorprende la diferencia de presupuesto entre ambas instituciones: el presupuesto anual que manejaba la Comisión del Arco para cumplir con su objetivo específico era casi seis veces mayor que el asignado a la Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias para la financiación de la totalidad de su plan de becas para la investigación científica, que cubría todo el territorio de la República Argentina y todas las áreas de la ciencia.

En términos de la Argentina, el de la Comisión del Arco era un proyecto técnico-científico en línea con aquellos que, pocos años más tarde, fueron conocidos genéricamente, en el hemisferio Norte, como proyectos de “ciencia en gran escala” o de *big science*. Ese nombre se aplica, más específicamente, a los grandes proyectos iniciados en los años de la Segunda Guerra Mundial, como el Proyecto Manhattan para la construcción de la primera bomba atómica.¹ Sin embargo, se encuadran en una tradición que se remonta a las grandes expediciones de exploración, de carácter netamente científico, iniciadas hacia fines del siglo dieciocho. Conjuntamente con la creación de grandes y costosos observatorios y museos, esos esfuerzos se multiplicaron a lo largo del siglo diecinueve y en el siglo veinte adquirieron formas nuevas, en un mundo con recursos científicos, técnicos, políticos, militares y económicos de dimensiones completamente nuevas. La Argentina no permaneció ajena a esos desarrollos: financió sus propias expediciones e instaló sus propios observatorios y museos a lo largo del siglo diecinueve. Tampoco fue ajena a la tentación de embarcarse en costosos proyectos técnico-militares que emulaban los de ciencia en gran escala. Así lo muestra, por ejemplo, la discusión del proyecto del submarino de Teobaldo J. Ricaldoni [*Reichebach, Hara y López D'Urso* 2002] en el paso del siglo diecinueve al veinte, para el que se preveía una inversión entonces considerable. Medio siglo más tarde, y dentro de esa tendencia, se destacan el proyecto nuclear de Ronald Richter [*Mariscotti* 1985] y luego el del submarino atómico argentino [*Hyman* 2001], todos ellos inconclusos.

La Comisión del Arco no fue la única comisión nacional en áreas de la ciencia o la cultura. La Comisión Nacional de Cultura, creada también en la década de 1930, es otro ejemplo importante de organismos oficiales a los que se les adjudicó una tarea perfectamente delimitada. Aunque ésta última estuvo inicialmente orientada a la defensa de los derechos de propiedad intelectual de los autores, rápidamente se convirtió en una importante fuente de recursos para la promoción de la cultura, mediante la adjudicación de premios y becas de estudio.

El Presidente de la Comisión del Arco estaba secundado por seis vocales que reflejaban los diversos intereses en juego. Ellos eran: el ingeniero Eduardo Baglietto, profesor de geodesia en la Universidad de Buenos Aires, a la que representaba ante la Comisión; el coronel Baldomero J. de Biedma, Director accidental del Instituto Geográfico Militar (IGM en lo que sigue); el teniente de fragata (R) Melchor Z. Escola, pionero, como el anterior, de la aviación militar, que representaba a una entidad similar al IGM del Ministerio de Marina, el Servicio Hidrográfico de la Marina (SHM en lo que sigue); el doctor Joaquín Frenguelli, naturalista del Museo de La Plata, al que representaba oficialmente; el ingeniero Julio de Tezanos Pinto, representante de la Universidad Nacional de Córdoba, que era una personalidad con relaciones familiares de cierto peso en la política nacional de esos años y, finalmente, el astrónomo monseñor Fortunato J. Devoto, que concurría en representación de la Universidad Nacional de La Plata. En esa Comisión estaban representadas las tres universidades más importantes y los tres principales centros de estudios geográficos, oceanográficos y de ciencias naturales de la Argentina. Este amplio proyecto de triangulación trigonométrica incluía un triángulo muy especial, cuyos vértices eran la ciencia, la Iglesia y las fuerzas armadas. La posición que ocupaba Aguilar era cercana al centro.

Monseñor Devoto, además de ocupar una posición importante en la Iglesia, era influyente en las esferas oficiales, donde su palabra era escuchada con atención, aun en los más selectos núcleos de poder. Por su formación y jerarquía, se lo consideraba como asesor confiable en los problemas relacionados con la ciencia. Había estudiado en París y había estado ligado a las tareas del Observatorio de La Plata, que dirigió interinamente entre 1910 y 1911. Es decir, unos cinco años después de la creación de la Universidad Nacional de La Plata como amalgama de un grupo de instituciones, que incluían el Observatorio, el Museo y una Universidad provincial. Además, el gobierno lo había designado Presidente de la Comisión Nacional de Observatorios, que tenía por función coordinar la actividad de los diferentes observatorios ar-

gentinos, tarea que compartía también con Aguilar. Poco tiempo antes de integrarse a la Comisión del Arco, había sido el promotor principal del Observatorio de Física Cósmica de San Miguel, en el que Ignacio Puig, S.J. tuvo luego un papel central. Científica y espiritualmente, ese Observatorio estaba estrechamente vinculado con el Observatorio del Ebro, una de las instituciones científicas más prestigiosas de la Compañía de Jesús en Europa.

Tanto la Universidad de La Plata como las instituciones del Ejército y la Marina representadas en la Comisión, tenían observatorio propio, o instalaciones y equipos de indudable interés para la astronomía. Las universidades de Buenos Aires, Córdoba y La Plata estaban representadas por profesores universitarios con amplia experiencia en geodesia. Entre las ausencias más notables figuraban la Dirección General de Meteorología, Geofísica e Hidrografía, orientada principalmente hacia la meteorología; la Dirección General de Navegación y Puertos del Ministerio de Obras Públicas (DGNyP en lo que sigue), que tenía a su cargo la construcción, mantenimiento y explotación de los puertos argentinos, para lo cual contaba con departamentos encargados de estudios hidrográficos, de mareas en los puertos y del diseño de instalaciones portuarias. Tampoco estaba representado el Observatorio Nacional, situado en Córdoba, donde Enrique Gaviola ocuparía pronto una posición protagónica y luego el cargo de Director. Este Observatorio era nacional, y totalmente independiente de la Universidad de Córdoba. La Comisión del Arco, sin embargo, mantuvo relaciones de trabajo cordiales con buena parte de aquellas instituciones, en particular con la DGNyP.

Las tareas científicas de la Comisión del Arco

El abanico de actividades de la Comisión del Arco

La línea prevista para la medición del arco de meridiano estaba determinada por el meridiano 64° Oeste entre los paralelos australes de 22° y 40°; a lo largo del meridiano de 70°, entre los paralelos de 40° y 52°; y, finalmente, a lo largo del meridiano de 68°, entre los paralelos de 52° y 55°. Cubría una extensión de unos 4.400 Km [*Aguilar 1937: 207*].

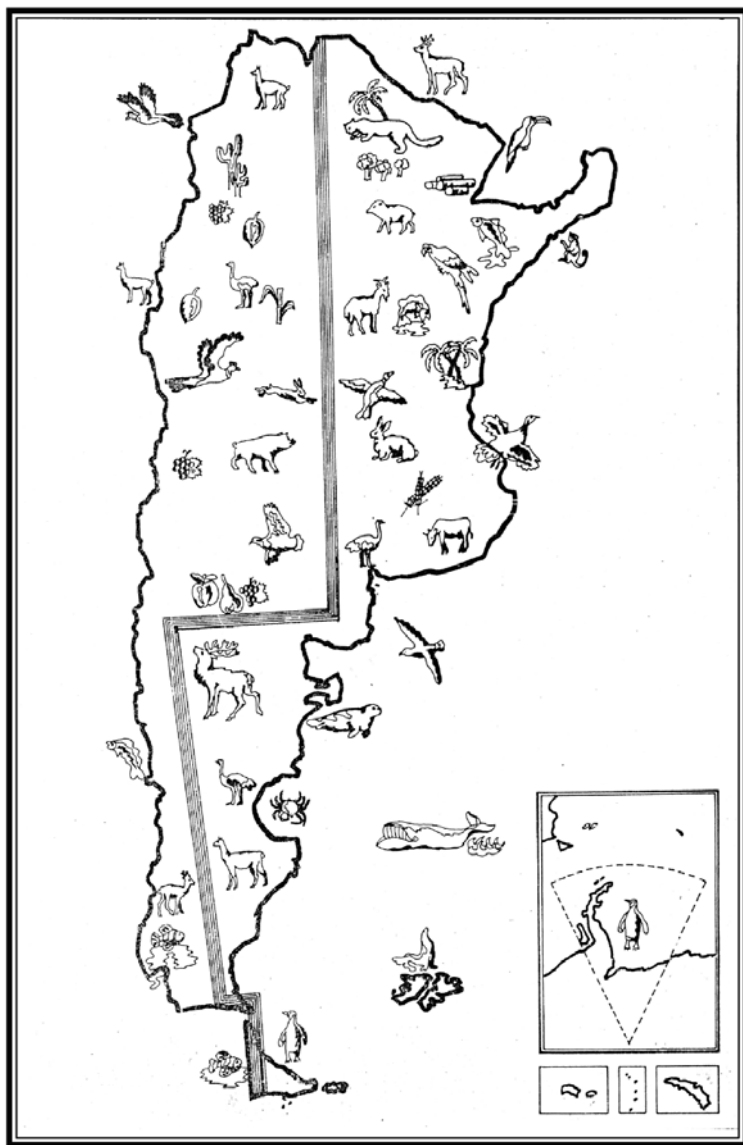


FIGURA 1: RECORRIDO DE LA LÍNEA DE MEDICIÓN
 Ilustración extraída de: J. BABINI, La medición del arco. *Todo es Historia*, 116 (1977):40

Inicialmente, Aguilar [1937: 211-214] propuso una triangulación con una cadena simple de triángulos de hasta unos 30 Km; bases de unos 200 Km, con bases cortas y ampliación rómbica; mediciones de latitud, longitud y acimut en los extremos de las bases (puntos de Laplace, donde se midieron esas tres componentes); determinación de la intensidad relativa de la gravedad y de las tres componentes del campo magnético terrestre en los puntos de Laplace; una nivelación de precisión que debería dar cota a todos los puntos de Laplace y a los vértices trigonométricos, con cierres transversales “sobre líneas de alta precisión ya medidas, o sobre mareógrafos en la costa atlántica”.

Los trabajos de índole esencialmente científica se relacionaban con la determinación de la forma y dimensiones de la Tierra y la investigación de la estabilidad de la corteza terrestre. Se llevaron a cabo con una precisión muy por encima de la requerida para las aplicaciones prácticas corrientes.

Sin embargo, por la diversidad de las materias que se considerarían en su desarrollo, se pensaba que esa campaña podría tener consecuencias prácticas de interés para la topografía y para la navegación, y también, directa o indirectamente, para la vida económica y para la defensa. Había, por lo menos, cuatro elementos accesorios a esa campaña que tenían entonces interés particular. Primeramente, el interés científico de la tarea que además, al ser de carácter internacional, daba acceso a la Argentina a las grandes redes científicas mundiales. Por otra parte, podría contribuir a la formación, en la Argentina y sobre la marcha, de personal capacitado en diferentes niveles. Además, configuraba una interesante maniobra conjunta, científica, técnica y militar, en una gama amplia de tareas que requerían establecer un intercambio fluido entre especialistas en ciencias y en ingeniería, con sectores de la defensa nacional. Finalmente, contribuiría a proyectar una imagen positiva, en el escenario latinoamericano, de los avances alcanzados en la Argentina en el campo de la ciencia y la técnica.

Desde sus primeros días, la Comisión contó con el apoyo decidido del IGM en el área de geodesia. Inicialmente, el IGM designó en comisión a tres de sus mejores expertos en trabajos geodésicos de precisión para que trabajaran en las tareas de la Comisión del Arco, luego agregó un cuarto experto. Con ese personal la Comisión pudo

iniciar tareas de reconocimiento trigonométrico y de nivelación de precisión que, de otro modo, no hubiera podido enfrentar. Además, en los talleres del IGM se construyeron marcas, señales, torres y otros auxiliares de geodesia necesarios para la Comisión.

Los intereses de Aguilar y Gaviola, los dos astrónomos más relevantes de la Argentina de las décadas de 1930 y 1940, eran muy diferentes. Gaviola, doctorado en física en Berlín, había adquirido experiencia en investigación en Alemania y luego en los Estados Unidos, durante la segunda mitad de la década de 1920 y parte de la de 1930. Físico experimental por su entrenamiento, contribuyó decididamente a desarrollar la astrofísica en el Observatorio de Córdoba (para la biografía de Gaviola véase *Bernaola 2001* y las referencias dadas allí). Aguilar, en cambio, se había orientado más específicamente hacia áreas relacionadas con la astronomía de posición y la geodesia.

A pesar de la rivalidad tradicional entre los dos mayores observatorios argentinos, Aguilar y Gaviola tenían buena relación personal. En la primera mitad de la década de 1930 ambos habían participado en cruzadas de corte político a favor del desarrollo de la ciencia en la Argentina. Algunos años antes, en 1927, Aguilar había manejado con habilidad el creciente sentimiento nacionalista, que dominaba en las esferas oficiales, con un informe crítico de las actividades del Observatorio de Córdoba. Las conclusiones de una investigación oficial de las actividades de ese Observatorio conforman el así llamado *Informe Aguilar-Cobos*, presentado por los ingenieros Aguilar y Norberto B. Cobos al Ministro de Justicia e Instrucción Pública el 29 de Abril de 1927.

El Observatorio de Córdoba estuvo bajo la dirección de Charles Dillon Perrine entre 1909 y 1936 y, aunque el efecto del Informe no fue inmediato, contribuyó sin duda a debilitar la posición de su Director. En 1936 la Dirección del Observatorio pasó, interinamente, a manos de Aguilar; efectivamente a Juan José Nissen en 1937 y a Gaviola en 1940, interrumpiéndose así una tradición de directores estadounidenses y no católicos, desde la fecha de su fundación en 1870.

La corriente de “nacionalización” de los cargos directivos, desde luego, no fue privativa ni tuvo tampoco sus comienzos en el marco de las instituciones científicas. Ejemplos del proceso de remplazo de

asesores o directores extranjeros por cuadros nacionales, que regresaban al país luego de un período, a veces breve, de entrenamiento en el exterior, pueden detectarse con bastante anterioridad en diversas instituciones argentinas. En las instituciones académicas y en las fuerzas armadas son visibles desde las primeras décadas del siglo veinte.

Una segunda dirección, básica para el trabajo geodésico, era la determinación precisa del nivel medio de la altura del mar a lo largo de la costa atlántica de la Argentina. Ese parámetro serviría como horizonte de referencia a las nivelaciones geodésicas de alta precisión que emprendería la Comisión del Arco. Ese horizonte se deducía, esencialmente, de un análisis armónico de las curvas de marea atlántica. Para obtener los datos de base se necesitaba instalar, o ampliar, una red de mareógrafos cuyas lecturas no estuvieran influenciadas por fenómenos locales, o en las que esas influencias pudieran filtrarse de forma confiable. En esta tarea intervinieron el Observatorio de La Plata, el SHM y la DGNyP. En ella tuvo papel central el matemático, físico e ingeniero catalán Esteban Terradas, que había estudiado en Alemania. Terradas había visitado la Argentina brevemente en 1927; hacia fines de 1936 regresó a consecuencia de la Guerra Civil Española.

La ley nacional que regulaba el funcionamiento de la Comisión del Arco no limitó sus actividades exclusivamente a la geodesia, geofísica y oceanografía. Como la zona de mediciones astronómicas cubriría una franja vertebral del territorio del país, se decidió que, además de la determinación de parámetros geodésicos, magnéticos, gravimétricos y mareográficos de gran precisión, se realizaran también estudios sobre la naturaleza en el entorno de la línea, que se estimaba en 200.000 Km² [Aguilar 1937: 209], es decir, en aproximadamente un 13% del área total del país. De ese modo, el recorrido de la campaña trigonométrica serviría también como referencia troncal para proyectos nacionales posteriores de ciencias de la naturaleza en la Argentina.

El Museo de La Plata, dependiente de la Universidad Nacional de la Plata, aprovechó esa oportunidad para obtener apoyo financiero para expediciones de algunos de sus naturalistas a zonas próximas a las de medición. En el curso de las actividades de la Comisión se hicieron algunos descubrimientos importantes en etnología antigua y se recogió material botánico y zoológico, y también minerales y fósiles.

les que pasaron a enriquecer las colecciones del Museo de La Plata. Así mismo, se hicieron estudios de antropología y etnografía. En el campo de la agronomía la Comisión abordó también la importante tarea de promover la realización de un mapa de suelos en las vecindades de la zona de medida.

El debate en la Comisión del Arco

Colaboraciones y competencias: La propiedad del mapa nacional

Los debates de la Comisión del Arco ilustran, también, acerca de diversas tensiones generadas entre representantes de diferentes instituciones nacionales durante el desarrollo del proyecto. Más allá de su limitado valor anecdótico, esos conflictos permiten detectar interesantes competencias y conflictos de poder entre instituciones. Como veremos, una frontera especialmente sensible en la vida de la Comisión fue la que mediaba entre su Presidente, estrechamente relacionado con las instituciones técnicas del Ejército, y el representante de la Marina.

En el período comprendido entre los últimos meses de 1937 y los primeros de 1938 se registró una actividad intensa en el campo de la mareografía del Atlántico Sur, dentro y fuera de la Comisión del Arco de Meridiano. Durante ese período, el SHM y el Observatorio de La Plata compitieron en dejar debidamente marcados sus esfuerzos preliminares en el área.

En la tercera reunión de la Comisión, en marzo de 1938, Escola informó que, en respuesta a la solicitud de Aguilar, se había movilizó la actividad mareográfica de la Marina en el Atlántico Sur. El Jefe de Estado Mayor de la Marina, vicealmirante Julián Fabet, había dispuesto la salida del buque balizador Alférez Mackinlay en dirección a la costa Atlántica Sur. El objeto de ese viaje era “instalar con carácter permanente estaciones mareográficas, para determinar con fines geodésicos, la posición del nivel medio del mar”. Al efectuarse la reunión de marzo, el buque había regresado y sus oficiales técnicos habían producido ya un informe.

La falta de reuniones desde el mes de agosto se dio como causa de que ese viaje no hubiera trascendido a otros miembros de la Comisión. Escola enfatizó que la Marina se había adelantado “a dar cum-

plimiento de lo dispuesto en el art. 3° de la Ley 12.334,” y que lo hacía en virtud de funciones que le eran propias. También hizo notar que, en virtud del Decreto del 21 de julio de 1914, que reglamentaba la Ley 3.727 de organización de los Ministerios, la Marina tenía jurisdicción en el estudio “de la marea oceánica” y por esa razón, según Escola, el Ministerio de Marina, y no el de Obras Públicas, era el que tenía “un representante en el seno de esta Comisión”. El representante de la Marina hizo también presente que si su Ministerio no había iniciado aún las tareas de corte geodésico, que ahora consideraba la Comisión, era porque hasta ese momento no se lo había considerado necesario. Sin embargo, contaba con el material y personal necesario para ello, que había puesto “a disposición de esta Comisión, así como del personal disponible [que,] sin perjuicio de sus tareas [,] pueda ofrecer”.

Aunque es comprensible que el SHM hiciera esfuerzos por no perder una jurisdicción que tenía razones legales e históricas para crearla propia, la argumentación de Escola no era totalmente correcta. El nuevo Decreto acordaba que toda institución nacional debía colaborar con la Comisión del Arco, pero no aconsejaba, ni en su letra ni en su espíritu, que las diversas reparticiones nacionales que se ocupaban de cuestiones de astronomía, geodesia y mareografía debieran iniciar una carrera por adelantarse unas a otras a alcanzar los objetivos muy precisos que la Ley 12.334 había fijado a la Comisión. Durante mucho tiempo, las discusiones sobre la propiedad del mapa nacional fueron causa de fricciones entre la Comisión y el SHM, y afectaron también las relaciones estrechas que, tradicionalmente, habían existido entre el Observatorio de La Plata y los organismos de la Marina.

En cambio, el IGM percibió, quizá con mucha mayor claridad, las debilidades intrínsecas y la vida fugaz, de sólo doce años según la Ley, de la Comisión del Arco. Además, ésta iniciaba sus tareas sin una dotación de personal técnico, lo que la colocaba en una situación de dependencia frente a las instituciones que contaban con ese personal. Cualquiera haya sido su análisis de la situación, el IGM adoptó una política mucho más amplia, planteando desde un principio un deseo claro de cooperación abierta dentro de sus posibilidades. Sin el apoyo que significó la antes citada cesión de personal calificado por parte del IGM, no hubiera sido posible para la Comisión dar comien-

zo a sus tareas en el campo de la geodesia de precisión. Desde luego que las posibilidades del IGM estaban limitadas por su presupuesto y también por el pequeño número de especialistas con experiencia en trabajos de geodesia de precisión con que contaba ese organismo y, en verdad, también la Argentina en ese momento. Sin embargo, el esfuerzo del IGM fue útil y, no mucho tiempo después, el desarrollo de los acontecimientos terminó dándole al IGM los mejores frutos y la posición hegemónica que, tarde o temprano, habría de alcanzar a causa de su excepcional experiencia en el área.

Si bien el SHM se había adelantado con un viaje a las regiones donde se preveía la instalación de mareógrafos, el Observatorio de La Plata tampoco había permanecido ocioso. En esa misma reunión Aguilar, en su carácter de Director del Observatorio, anunció que también él, “adelantándose a las actividades de la Comisión había dispuesto el envío de uno de los Jefes de Departamento de ese instituto en viaje de exploración de las costas patagónicas para que recogiera en el terreno datos que pudieran ser de utilidad a la Comisión, para planear el establecimiento de estaciones mareográficas”. La persona enviada había sido Esteban Terradas “cuya capacidad científica es bien conocida, posee especial versación en la materia y ha logrado reunir en su viaje interesantes datos que en breve pondrá a disposición de la Comisión” en palabras de Aguilar.

Escola quedó sorprendido ya que, según dijo, no tenía conocimiento de que, cuando Terradas visitó las oficinas del SHM, Aguilar había tomado ya la disposición que “debía tener por resultado la partida de ese señor a las costas del sur, con los fines que son del dominio público”. Pareciera que, en cuanto a sus proyectos inmediatos, Aguilar no había sido más explícito con Escola que lo éste último había sido con él. Sin embargo, durante su visita a las costas patagónicas, Terradas recibió un apoyo amplio y cordial de las autoridades locales de la Marina. Indudablemente, la Marina no funcionaba como entidad monolítica.

La Subcomisión de Mareas

Como resultado de estos encuentros, y desencuentros, se decidió crear una subcomisión dedicada específicamente a los problemas

de mareas, cuya dirección se encargó, conjuntamente, a Baglietto y Escola. La subcomisión se encargaría de regular los trabajos tendientes a la determinación de la altura media del mar en las costas patagónicas.

La primer tarea asignada a Terradas [*Universidad Nacional de La Plata 1937*], en conexión con las actividades de la Comisión del Arco, fue la de enunciar en forma precisa el problema teórico del nivel medio; luego, la de visitar las regiones del Atlántico Sur y sugerir nuevos posibles puntos de emplazamiento de estaciones mareográficas en esa costa y, más tarde, el diseño de una estación mareográfica de alta precisión. Ésta última era una tarea altamente especializada en el campo de ingeniería marítima para la cual sólo se disponía de descripciones más o menos generales contenidas en la literatura técnica reciente. Más tarde, se consultó también a Terradas sobre la posibilidad de enlazar en red los mareógrafos que se proyectaba establecer en algunos puntos clave de la costa atlántica argentina. Se contaba, además, con su concurso para una tarea posterior e igualmente importante: la utilización de técnicas estadísticas muy modernas para analizar la masa de datos que producirían esas estaciones.

En ese momento, en sus cursos para los estudiantes de astronomía de la Universidad de La Plata, Terradas estaba introduciendo en la Argentina herramientas nuevas que permitirían efectuar un análisis riguroso de los datos obtenidos en el pasado, y diseñar con mayor precisión un sistema para la futura recolección de información sobre la dinámica de las mareas.

Luego de extensos estudios, se resolvió instalar mareógrafos “en Puerto Madryn, frente a la Isla Leones, en Caleta Pasaje y Caleta Cabo Blanco”. Se proseguiría luego con estudios en la zona de costas de la provincia de Buenos Aires y al sur de ésta, llegando hasta Tierra del Fuego. Más tarde, luego de un viaje por la zona Sur, Terradas aconsejó instalar “además [de] uno en Puerto Pirámides, otro en Bahía Cracker y uno en Golfo Nuevo, para hacer un estudio local de este Golfo, de marea muy normal, y otro fuera del mismo, en las proximidades de Bahía Engaño”.

Por su excepcional configuración geográfica, el Golfo Nuevo había sido objeto del interés de científicos argentinos. Particularmente en la década de 1920, cuando se consideró la posibilidad de que grandes transferencias de masa provocadas por las mareas a través de su boca angosta permitieran la “posible aplicación de las fuerzas hidráulicas a la elaboración de materias primas y a la implantación de industrias electroquímicas,” según indicaba un estudio auspiciado por la Academia de Ciencias en Buenos Aires durante la Presidencia de Eduardo L. Holmberg y publicado en 1928 [*Academia Nacional de Ciencias Exactas 1928*].

Aunque la determinación que se buscaba era excesivamente precisa para las necesidades corrientes de la práctica, se pensaba, con razón, que una determinación de precisión del nivel medio del mar podría, en un futuro, ser de utilidad para la cartografía marina y para los trabajos de ingeniería portuaria. Sin embargo, había una razón aún más poderosa para atribuir cierta importancia a este proyecto: las labores de la Comisión en la Argentina contribuirían a “elevar sus horizontes”, es decir a elevar el nivel de la comunidad científico-técnica argentina en el área específica de la mareografía.

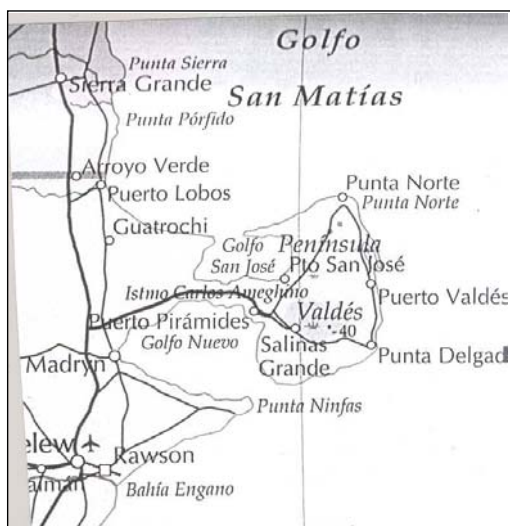


FIGURA 2: ÁREA DE LA PENÍNSULA VALDÉS

En las discusiones de la Comisión, a las que fue repetidamente invitado a asistir, Terradas creyó oportuno dejar en claro su opinión acerca del nivel técnico alcanzado por los ingenieros de la DGNyP en el área del diseño y construcción de obras portuarias. En la 15ª reunión de la Comisión, el 15 de julio de 1939, Terradas dijo que “la República cuenta con excelentes ingenieros especializados en obras portuarias,” y dio ejemplos de obras específicas de esos ingenieros. En sus trabajos, Terradas hizo referencia a estudios pioneros realizados por ingenieros de la DGNyP frente al estuario del Río de la Plata en la segunda mitad de la década de 1920. En esos estudios se había analizado el efecto de interacciones con corrientes meridianas, en las que intervienen aguas tropicales, aguas frías de las Malvinas y aguas provenientes del Atlántico Norte, más ricas en sales. Terradas se refirió también a las facilidades de equipo de que disponía la DGNyP y a la experiencia que sus ingenieros habían adquirido en el manejo de esos equipos. La de ellos era entonces un área de punta de la ingeniería argentina, que había alcanzado ya un nivel de reconocimiento internacional. La operación de las exportaciones argentinas, que adquirirían un volumen excepcionalmente grande en ciertos períodos pico, dependía estrechamente del funcionamiento del sistema portuario argentino: en última instancia, de la calidad del trabajo técnico de los ingenieros de la DGNyP.

Las corrientes marinas: perspectivas nuevas para la matemática aplicada en relación con un problema de gran interés para Argentina

Desde muy poco después de su fundación, la Universidad de La Plata dio gran importancia a los trabajos de extensión universitaria, llamados también de estudios extramurales. Estas tareas habían sido iniciadas tempranamente en universidades inglesas y, en la misma época que en la Argentina, habían atraído la atención de universidades españolas. Se desarrollaban a través de conferencias de divulgación científica, ciclos de conferencias sobre temas diversos; visitas a los centros de investigación de la Universidad, en particular al Observatorio y al Museo, y cursillos sobre temas especiales de interés para un público amplio.

Además, la Universidad disponía de un equipo propio de radio-difusión, la Radio Universidad de La Plata, que transmitía programas

musicales y culturales destinados a elevar el nivel de sus radioescuchas; por ejemplo, conferencias dictadas por algunos de sus profesores más eminentes. Dentro de este último grupo de programas, Terradas fue invitado, en 1937, a dictar dos conferencias radiofónicas, sobre mareas y sobre corrientes marinas. Dictó la primera en septiembre de 1938 y la referente a las corrientes marinas, que es la que nos interesa más directamente en este trabajo, se transmitió un año más tarde, el 8 de septiembre de 1939. Como otras conferencias de carácter científico, se publicaron luego en la *Revista del Centro de Estudiantes de Ingeniería* de esa Universidad [Terradas 1938, 1941].

En este último trabajo, Terradas se ocupó específicamente de la teoría de la estabilidad y de sus aplicaciones al estudio de las corrientes marinas. En las conferencias que dictó durante su primera visita a Buenos Aires, en 1927, había considerado ya el problema de la estabilidad en los campos de la mecánica y de la hidrodinámica [Anales ICE 1952, XVII: 425-452]. En su trabajo de 1941, Terradas definió el problema central de la oceanografía en términos de la estabilidad dinámica. Planteada dentro de ese esquema teórico amplio, la oceanografía dinámica podía definirse en los términos siguientes: “dada la distribución de las diversas calidades de agua, hallar su estabilidad y la manera cómo se desenvuelve la transformación de los estratos por el movimiento de las partículas hacia configuraciones más estables” [Terradas 1941: 193].

El trabajo de Terradas sobre corrientes marinas de 1941 concluye con una reafirmación de su visión unitaria de la ciencia, que era consecuencia directa del grupo de problemas en que había concentrado su atención como físico, como matemático aplicado y como ingeniero. Si bien los temas en los que Terradas dejó una marca pertenecen, aparentemente, a disciplinas muy diferentes, un buen número de ellos se asocia con aspectos de la teoría de la estabilidad dinámica y, a través de ellos, con la resolución de un grupo muy particular de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales, que los definen completamente.

Ya en esos años, dominados por el cálculo con máquinas electromecánicas y anterior a la computadora electrónica, los métodos numéricos eran reconocidos como el camino más efectivo para obtener aproximaciones a la solución de aquellas ecuaciones. Terradas introdujo esos métodos, entonces modernos, a través de su docencia

en el Observatorio de La Plata; de este modo echó las bases de la matemática numérica moderna en Argentina.

Dijo también Terradas que “el progreso de la ciencia es simultáneo en disciplinas aparentemente extrañas” y aunque sólo existe una mecánica muy bien conocida para los cuerpos materiales, queda por desarrollar otra,

imperfectamente conocida, en relación a los fluidos viscosos, heterogéneos, compresibles o no, en que interesa estudiar la propagación espontánea de estratos de discontinuidad, o de superficies de discontinuidad engendradas por masas, ya veloces como la velocidad del sonido en el aire, ya lentísimas como los estratos de las corrientes submarinas [Terradas 1941: 194].

Terradas presentó esa caracterización dinámica de las corrientes marinas en un contexto científico preciso y moderno y las integró en un abanico amplio de problemas físicos, en el que las lentas corrientes marinas ocupan uno de sus extremos y los problemas de la aeronáutica de alta velocidad el otro. Además, destacó el importante perfil internacional de esos temas y señaló que se trataba de un área de la ciencia que podía tener un interés permanente en Argentina, recomendando su arraigo en el país.

Efectivamente, el estudio de la excepcional naturaleza de las mareas en la costa atlántica Sur podía haber dado lugar al desarrollo de disciplinas teóricas (matemática aplicada, mecánica de fluidos, termodinámica, física, fisicoquímica) que tienen conexión directa con la ingeniería y con necesidades concretas y muy específicas de la Argentina. El alejamiento de Terradas de la Argentina fue causa de que esas interesantes sugerencias no hayan sido debidamente recogidas y que las posibilidades que él señaló no se concretaran. En ese momento de la Argentina Terradas era el único puente efectivo entre las tareas técnico-científicas que representaba la Comisión del Arco, la ingeniería de diseño y la actividad académica en áreas de física y matemática.

La Memoria de Terradas sobre el mareógrafo fundamental

En su Memoria [Terradas 1939a], sobre el diseño del mareógrafo fundamental, Terradas aconsejaba que el instrumental de medida tuviera

ra facilidades de registro y de recepción de señales horarias, y recomendaba que, una vez instalado, se corrigieran sus niveles y se examinaran las causas no periódicas de perturbación. Además, insistía en que era necesario poder deducir, en cada instante, “la oscilación del golfo, la forma de la superficie libre, el período de sus vibraciones componentes y el desnivel no periódico que las corrientes en el Golfo [Nuevo] podrían provocar en el mareógrafo de Madryn”. Recomendaba, así mismo, “separar en lo posible la oscilación por excitación periódica del mar libre y la oscilación propia”, dándose niveles de precisión para esto último. Para determinar la oscilación en el Golfo, excitada por la marea atlántica, aconsejaba realizar observaciones a ambos lados de la bocana y estudiar los efectos del viento sobre el mar en el Golfo. Esto último se haría “mediante un detenido estudio estadístico de correlación múltiple entre alturas y corrientes residuales y caracteres del viento en las alturas”.

Terradas estaba también interesado en disponer de observaciones que permitieran hacer “un nuevo análisis armónico y deducir de él las amplitudes de los términos trigonométricos introducidos por las influencias de las costas (o sea de períodos de combinaciones lineales de los cósmicos)”.

Todos estos temas, estadísticos y de análisis numérico se relacionaban directamente con las enseñanzas que Terradas impartía a los estudiantes de astronomía en el Observatorio de La Plata, tanto en su curso de aproximación numérica (que contenía una parte estadística, como era entonces costumbre, siguiendo las pautas del famoso texto de Whittaker y Robinson [1932], que dominó la escena por más de un cuarto de siglo), como en el de mecánica racional. A través de sus lecciones en este último curso, en el que Jorge Sahade fue uno de sus alumnos, Terradas estaba contribuyendo a formar en la Argentina un grupo de jóvenes astrónomos entrenados en temas avanzados de mecánica, capaces de abordar rigurosamente, con herramientas matemáticas muy modernas que Terradas había introducido en sus cursos, la teoría matemática de ciertos instrumentos de precisión. Esos instrumentos, lejanamente relacionados con el péndulo, incluían los sismógrafos terrestres y marinos, y muchos de los instrumentos que habrían de utilizarse en una estación mareográfica.

Hacia 1940, en su carácter de representante de la subcomisión de mareas, Baglietto trataba a Terradas con frecuencia y llegó a establecer con él un contacto profesional y personal estrecho. Para esa fecha Terradas había concluido ya el proyecto de una estación mareográfica [*Terradas 1939b*] y se comenzaba a discutir, más específicamente, qué y cómo habría que medir con esa estación para poder deducir el nivel del mar del Atlántico con la precisión que la Comisión deseaba alcanzar. Como hemos de ver, esa discusión tuvo cierta importancia.

Terradas deseaba lograr una imagen amplia del régimen de Atlántico Sur en las proximidades del territorio argentino y aconsejó la instalación de no menos de cincuenta mareógrafos similares al diseñado por él. Baglietto estuvo de acuerdo, aunque pensaba que el plan de Terradas era “muy vasto” y sugirió que “convendría iniciar el trabajo en algunos puntos”, más específicamente en el Golfo Nuevo, donde se preveía la instalación inicial de tres mareógrafos.

En la reunión de la Comisión del Arco de mayo de 1940 Aguilar se refirió a las conversaciones entre Baglietto y Terradas sobre la posibilidad de establecer un número grande de estaciones mareográficas. Señaló que “el proyecto del ingeniero Terradas se expide en forma completa sobre el proyecto de la instalación de una sola estación mareográfica, [y] se ha expresado anteriormente que para los otros puntos podría proyectarse estaciones análogas”. Pensaba que con la instalación de la primera estación se haría un aprendizaje técnico valioso, ya que “se trata de construcciones especiales en las cuales no se cuenta en el país con mucha experiencia”. Insistió en que se debía avanzar poco a poco y que la primera estación “nos servirá de escuela”.

Medir, pero ¿para qué?

El argumento que Aguilar desarrolló en la reunión de la Comisión del Arco presenta elementos que permiten precisar su visión acerca de la política que debía seguir la Comisión en relación con sus actividades técnico-científicas. Sus ideas generaron una discusión animada que reveló fracturas profundas en las concepciones de diferentes miembros de la Comisión.

Refiriéndose a la propuesta de Terradas y Baglietto de expansión de la red, pensaba Aguilar que

no hay mucha urgencia, en realidad el problema no consiste principalmente en disponer de instalaciones sino más bien de hombres, científicamente capacitados para atender esos servicios. Hay muchas estaciones mareográficas, pero no hay ninguna que afronte con eficacia estudios científicos con finalidad geodésica.

Aguilar percibía que la campaña de la Comisión, al lado de sus objetivos específicos, podría ser aprovechada para promover la formación “de hombres, científicamente capacitados”, es decir, para elevar el nivel técnico-científico de la Argentina en áreas tocantes a geodesia, a mareografía y a temas satélites de aquéllas. Esa visión suya lo hizo mostrarse más cauteloso que su amigo Terradas en cuanto a la creación de una red de mareógrafos. Decía Aguilar que “razones de esta naturaleza son las que me han inducido a no apoyar la propuesta del ingeniero Baglietto de que procedamos de inmediato a construir la estación mareográfica en Punta Delgada”.

Esas ideas coincidían con las que Aguilar había formulado en su informe de 1934 sobre el proyecto de Escuela de Ciencias Astronómicas y Conexas en la Universidad de La Plata (reproducido en *Gershanik 1979*: 42-43), cuando expresó que las tareas de Gould en Córdoba habían hecho alcanzar a ese Observatorio un prestigio internacional. Sin embargo, no habían cumplido con el objetivo de formar astrónomos argentinos. Pensaba que “mantener misiones extranjeras para que realicen trabajos, aunque sean ellos muy importantes, es sólo un rasgo de generosidad, sin trascendencia ni provecho cultural para el país”.

En la parte final de su exposición Aguilar hizo una crítica severa de la labor de observación realizada por la Marina en el pasado. Argumentó que creía que la instalación de mareógrafos debía responder a “un plan complejo” y, por esa razón, no creía siquiera oportuno instalar una estación fuera del Golfo sin antes tener dos dentro de él. Baglietto estaba de acuerdo con Aguilar en que debían asegurarse que dos estaciones próximas debían pertenecer a una misma superficie equipotencial, pero argumentaba que para decidirlo era necesario disponer de datos de observación.

Continuando con su crítica, Aguilar declaró que, en su opinión, los estudios mareográficos anteriores habían “adolecido de errores sistemáticos”, que determinaciones hechas en dos puntos próximos de la costa han dado “cotas de nivel medio del mar que no resultaron coherentes”. Decía que de acuerdo con “ideas de gentes experimentadas, ese resultado responde a perturbaciones locales”. Esperaba que, depurando los resultados de errores sistemáticos; efectos de fondo; perturbaciones meteorológicas y otros factores, existía “la esperanza que desaparezca esa divergencia”. Daba luego, en forma didáctica, una serie de explicaciones sobre cómo evitar esos errores, los cuales, concluía Aguilar, se habían tenido en cuenta en la selección de Puerto Madryn como estación fundamental.

El enfoque de Aguilar tenía pues dos líneas principales. Por una parte daba gran importancia al planeamiento cuidadoso de las experiencias utilizando criterios estadísticos modernos antes de embarcarse en observaciones sistemáticas. Por otra, creía que la Comisión era una herramienta importante para la promoción de personal científico calificado en la Argentina. La última de esas dos líneas había sido discutida extensamente y era aceptada sin reservas, pero sólo en lo referente a un aspecto parcial: el entrenamiento de personal de geodesia o de técnicos auxiliares en otras áreas. Había mucha mayor dificultad para aceptar que el mismo criterio valía también para personal científico de nivel superior, que podría abrir o ampliar áreas nuevas de investigación científica en la Argentina. En la defensa de este punto de vista Aguilar hizo una contribución positiva.

Escola no compartía ese punto de vista y, en la sesión número 20 del 15 de junio, refutó las ideas de Aguilar sobre el papel de la Comisión en la formación de personal superior. En el otro aspecto, el relativo a las observaciones, había también diferencias profundas. La objeción de Escola, si bien no era simpática, tenía cierto fundamento legalista: la Ley 12.334 no había sido dictada para la promoción de la ciencia, sino para la medición de un arco de meridiano en territorio argentino.

Aunque Escola aceptaba que la necesidad de formar hombres preparados “no debe dudarse”, atacó la idea —que atribuía a Aguilar— de percibir la Comisión principalmente como una escuela. En cambio, propuso una estratificación de las etapas de actividad de la Comi-

sión en tres niveles temporales diferentes. Colocó la instalación de estaciones en primer lugar; seguida de una etapa de iniciación de observaciones y, finalmente, la formación de personal científico como consecuencia de lo anterior. Para reforzar su punto de vista utilizó un argumento voluntarista y exhortó a la Comisión a “comenzar teniendo confianza en nosotros mismos y después disponerse a dar comienzo a los trabajos”, es decir, a seguir las pautas que había sugerido.

En esta discusión se enfrentaron dos posiciones, una de ellas con antecedentes fuertemente enraizados en el pensamiento científicista-positivista de fin de siglo, que aún tenía vigencia activa en la Argentina, lo mismo que antes en Europa. Los partidarios de esta visión de la actividad científica creían firmemente en la recolección de datos que, si no inmediatamente, eventualmente serían explicados por teorías futuras. Ésta había sido la base conceptual de mucho del trabajo de observación, por ejemplo en meteorología y sismología, en el paso del siglo diecinueve al veinte. La posición sostenida por Aguilar, más racionalista, estaba impregnada de ideas muy recientes, pregonadas por expertos en ramas nuevas de la estadística, que señalaban la posibilidad de planear el trabajo experimental de acuerdo con criterios “científicos” antes de iniciar la etapa de observaciones. Esa corriente estaba en la línea de trabajos muy recientes sobre diseño de experimentos, capítulo nuevo de la estadística que lideraba Ronald A. Fisher en Inglaterra. En ese momento, esa tendencia moderna de la estadística tenía también cierta resonancia en la astronomía, donde Aguilar la apoyaba. Además de los cursos de Terradas en el Observatorio de La Plata, el astrónomo Herbert Wilkens (hijo de Alexander Wilkens) se ocupaba de desarrollar en esa institución una línea de investigación nueva sobre estadística sideral.

El abismo entre los argumentos de Escola y Aguilar sobre la segunda cuestión: comenzar a medir o discutir primero en profundidad cómo, qué y dónde medir antes de comenzar a hacerlo, era muy difícil de salvar. Aguilar indicó que no deseaba “entrar en polémica con el señor Escola sobre el aspecto personal de su exposición” y así dejó de hacer una defensa clara de su posición. Esa clarificación hubiera sido una contribución positiva al debate más profundo, sobre la observación científica, que los separaba. Muy tempranamente, en 1932, en su fuerte crítica a la metodología utilizada por buena parte

de los físicos españoles e hispanoamericanos de la época, Julio Rey Pastor había intentado abordar esa crítica en *Rey Pastor 1932*. Más adelante, otros científicos entrarían en la polémica [*Hurtado de Mendoza y Busala 2002*].

El proyecto de la estación de Punta Delgada siguió creando rozamientos, que tuvieron expresión en formalidades de orden administrativo. En la reunión de marzo de 1941, frente a una propuesta conciliadora de Baglietto de que la jurisdicción técnica de la estación de Punta Delgada pasara al SHM, Aguilar reafirmó sus ideas sobre lo que entendía eran atribuciones de la Comisión: “Terradas, como perteneciente al personal del Observatorio, tiene entre otras la misión de proyectar la estación mareográfica de Punta Delgada, está a disposición de la subcomisión mareográfica y le suministrará todos los informes relativos a la construcción de las dos estaciones mareográficas citas”. La posición conciliadora de Baglietto había sido revertida con un avance audaz de Aguilar en el territorio tradicional de la Marina.

La discusión se tornó más agria aún y Escola, preocupado por la participación de Terradas –que con su nivel técnico mucho más alto le daba una ventaja considerable a Aguilar– declaró que

no podía aceptar que el doctor Terradas, en un viaje realizado a la costa sur, tuviera algo importante que ofrecer a la Marina que ha venido trabajando allí durante treinta años y acaba de terminar el relevamiento de la costa atlántica y menos aún en Punta Delgada, en cuya costa ha debido hacer levantamientos especiales antes de proceder a la construcción del Faro.

Independientemente de la forma en que dio expresión a su argumento, la afirmación de Escola tenía algo de verdad: efectivamente la nueva posición del mareógrafo coincidía con la que él mismo había sugerido. Es también cierto que, en cuanto a la correcta posición geográfica de esas estaciones, había muy pocas alternativas reales. Terradas, a quien Escola se había referido siempre con respeto, cuando no con estima, recibió la descarga por su proximidad con Aguilar. Escola erraba, en cambio, en no reconocer que los avances de la Comisión del Arco en territorios tradicionalmente reservados a la Marina eran consecuencia directa de los objetivos que le había fijado la ley nacional que le había dado origen.

En cierto que, tanto en la Argentina como en otros países del mundo, existían rivalidades tradicionales entre los organismos que coordinaban las operaciones de guerra y marina. Es posible conjeturar que la sensibilidad de Escola haya sido agudizada por el peso considerable que el IGM tenía en las tareas de la Comisión; esto es, a través de su dominio casi exclusivo de la gestión de geodesia que, naturalmente, ocupaba un lugar central en el cuerpo de sus actividades. Que Aguilar fuera considerado como hombre estrechamente ligado a la institución geográfica militar y, también, al Ejército puede haber contribuido a justificar su preocupación. Sin duda, si se compara la posición del SHM en las tareas mareográficas de la Comisión con las del IGM en las geodésicas, es posible concluir que la Marina estaba en una situación de desventaja. Pero esto se debía, principalmente, a una doble falta de perspectiva: por una parte, el delegado del SHM había practicado un juego extremadamente cerrado; por otra, el organismo que representaba no había atendido, quizás, al avance técnico de la oceanografía en la misma forma que el IGM y el Observatorio de La Plata lo habían hecho con la geodesia. En parte se debía, también, a que debido a esta misma circunstancia, en el debate no podía oponer figuras de la dimensión de Terradas.

El regreso de Terradas a España

En noviembre de 1941, cuando la estabilidad del gobierno de Franco comenzaba a afianzarse y encaraba la tarea de dar a España una estructura más acorde con las ideas de su movimiento, Terradas emprendió un segundo viaje a España. Su intención era ver a sus hijos, que habían quedado allí, y estudiar el nuevo panorama que se había abierto en su país, que insistentemente lo reclamaba. Posiblemente esperaba poder alternar sus actividades entre ambos países.

A esta altura, sus contactos con la Argentina cubrían un abanico muy amplio de actividades. Además de sus labores en la Comisión del Arco y en el Observatorio, estaba su cátedra universitaria, el Laboratorio de Vialidad, el proyecto de creación de una carrera de ingeniería aeronáutica y varios grandes proyectos de ingeniería (camino, el diseño del aeropuerto nacional y otros) para los que se había solicitado su participación directa o su asesoramiento técnico.

Tan seguro creía su regreso que Terradas había dejado en depósito en Buenos Aires los muebles de su casa y su biblioteca.

Además de sus contactos profesionales, Terradas había establecido fuertes lazos humanos en la Argentina. En una carta fechada el 28 de mayo de 1942, su amigo Rey Pastor lo exhortaba a regresar. Le decía, desde Buenos Aires, que acababa de hablar con Aguilar acerca de su esperado regreso y le reiteraba la buena voluntad que le seguía teniendo la Universidad de La Plata. Decía Rey Pastor que “hasta el último ordenanza lo añora y desea que vuelva”. Le decía, también, que la Universidad de Buenos Aires había creado la carrera de Ingeniero Naval, que abría nuevas posibilidades para las actividades de Terradas.

Circunstancias diversas, principalmente los peligros de la navegación marítima, determinaron que esa oscilación entre la Argentina y Europa no pudiera concretarse. El Consejo Superior de la Universidad de La Plata demoró antes de tomar una resolución acerca de la posición de Terradas en la Universidad, esperando encontrar una solución de compromiso.

Debe recordarse que Terradas tenía un contrato muy excepcional con esa Universidad, que no solamente preveía que su enseñanza se concentrara en grupos muy pequeños, de muy alto nivel, sino que sólo cubría seis meses del año, dejándole abierta, explícitamente, la posibilidad de viajar al extranjero en el otro período del año. Ese singular contrato marca un importante cambio de actitud en las autoridades universitarias. Contrariamente a otros contratos, como el de Rey Pastor en la década de 1920, que le dejaba la posibilidad de enseñar en Buenos Aires y Madrid, el de Terradas reconocía explícitamente que también los profesores necesitaban actualizar sus conocimientos y aceptaba que era beneficioso para la institución permitir que el profesor se enriqueciera durante una parte del año con sus contactos en Europa y, en su caso, posiblemente también en los Estados Unidos.

Sin embargo, los sucesos que en pocos meses siguieron al golpe militar de 1943, cuyos desarrollos alteraron profundamente las antiguas relaciones entre las universidades y las fuerzas armadas, hicieron abandonar definitivamente en las Universidades de La Plata y Buenos Aires la esperanza de devolver a Terradas a la Argentina, donde tanto había hecho en tan poco tiempo y donde tantas ideas

había sembrado. En octubre de 1943 Alfredo Palacios renunció a la Presidencia de la Universidad de La Plata y en noviembre las nuevas autoridades decidieron desvincular a Terradas definitivamente del plantel universitario.² En España, Terradas tuvo un papel sencillamente excepcional en el desarrollo de la aeronáutica, la física teórica, la energía nuclear y la investigación aplicada a la industria [*Roca y Sánchez Ron 1990*].

Nuevos desarrollos técnicos y estudios científicos patrocinados por la Comisión del Arco

Estudios sobre métodos geodésicos

Nos ocuparemos ahora de algunos desarrollos técnicos nuevos y de diversos estudios científicos patrocinados por la Comisión del Arco, comenzando por aquellos relativos a la geodesia. A principios de 1938 se comenzó a detectar un problema en la precisión de algunas operaciones geodésicas, que obligaron a Aguilar a admitir, en la 5ª reunión de la Comisión del 23 de abril, que la precisión alcanzada en la medición geodésica angular en la Argentina “es inferior a la conseguida en otras operaciones geodésicas”. Esas deficiencias fueron finalmente corregidas. Aguilar las atribuyó a “las desventajas que en país llano presentan las visuales rasantes, el empleo de torres muy altas y eventuales errores de centración del teodolito o de la señal óptica respecto del punto trigonométrico del terreno”.

En la 15ª reunión, del 15 de Julio de 1939, Aguilar inició una discusión en el seno de la Comisión sobre la precisión alcanzable con los diferentes métodos que se utilizaban entonces para la medición de ángulos. Aguilar recomendaba utilizar el método de Schriber [*Aguilar 1937: 212*], favorecido por el IGM; sin embargo, en el curso de la campaña geodésica surgieron algunas alternativas. Aguilar indicó que en la expedición alemana del Báltico se estaba empleando con éxito el método de direcciones y que convenía estudiar localmente sus ventajas. Para decidirlo encargó a uno de los principales geodestas de la Comisión, el ingeniero Heliodoro Negri (perteneciente al IGM, más tarde fue profesor de Geodesia en la Universidad de La Plata), la realización de estudios comparativos entre esos dos métodos.

El debate acerca de los diferentes métodos de medida de ángulos continuó durante algún tiempo, con Aguilar en favor de que se adoptara exclusivamente el método de direcciones. Más tarde, Aguilar anunció que los resultados de ambos procedimientos eran “altamente satisfactorios comparados con la experiencia en nuestro país y aun frente a los mejores trabajos del extranjero y podemos sentirnos alentados en nuestros propósitos de levantar el nivel de precisión de las operaciones geodésicas en el país”. Finalmente, se decidió adoptar el método de direcciones, aunque con salvaguardias sugeridas por Baglietto.

Implicaciones geodésicas de los problemas de dispersión de la luz en la atmósfera

La experiencia de campo de algunos miembros de la Comisión sugería que las condiciones propias de observación en el territorio argentino, con planicies extensas, planteaba problemas técnicos de cierto interés. Para lograr superarlos en una medición de largo alcance, como la que se proyectaba, se consideró la posibilidad de experimentar con técnicas y equipos nuevos que se adaptaran más ajustadamente a las necesidades locales.

En la 9ª reunión de la Comisión del Arco, del 8 de octubre de 1938, miembros de la Comisión expresaron interés en realizar experiencias “sobre la visibilidad y la aplicación en las medidas angulares geodésicas de la luz lateral obtenida con un proyector de eje vertical”. Es decir, lanzar una señal luminosa en dirección perpendicular al suelo, utilizando un proyector potente como los que las fuerzas armadas comenzaban a emplear para la defensa antiaérea durante las horas de la noche. Aguilar informó que Gaviola había hecho ya algunas experiencias en Córdoba, en escala de laboratorio, midiendo la intensidad de la luz lateral con un equipo en el que utilizaba humo ascendente como medio absorbente. Estos trabajos habían encontrado la dificultad de requerir torres elevadas y construcciones experimentales costosas.

Las autoridades de la Comisión pensaron en pedir la ayuda del Ministerio de Guerra, o del de Marina, que poseían reflectores potentes con los que sería innecesario utilizar un medio absorbente especial

en cambio de la atmósfera. Aguilar se puso también en contacto con “empresas electrotécnicas afamadas de Europa y los Estados Unidos en busca de datos y antecedentes que pudieran ser de aplicación. Como resultado de estas consultas parece desprenderse que en ninguna parte se han hecho experiencias que nos fueran de utilidad”.

Una vez que los miembros de la Comisión fueron autorizados a utilizar esos equipos, debieron superar algunos problemas técnicos, ya que algunos de los reflectores disponibles en el Ministerio de Marina, como el de la base de Punta Indio, no se podían orientar verticalmente. Se obtuvo luego el concurso del ingeniero José Cédola, de la Dirección de Aviación Naval, que comenzó a ocuparse del problema. En la 10ª reunión, del 3 de noviembre de 1938, se anunció que Cédola había continuado con los estudios de la luz lateral, haciendo experiencias con reflectores del acorazado Belgrano anclado en Mar del Plata, algunas de ellas en presencia de Aguilar.

En sus observaciones Cédola midió “la intensidad de la luz lateral y el aspecto del haz luminoso desde el punto de vista de las mediciones angulares geodésicas”. Una de las experiencias, repetida en dos noches sucesivas (viernes 14 y sábado 15 de octubre) desde el acorazado a partir de las 19 horas, consistía en hacer destellar durante 15 minutos el haz de un reflector de 90 cm, con una intensidad de 45 millones de bujías que se había dispuesto verticalmente. Con la misma disposición se ensayó el uso de destellos alternados con emisiones de luz continua por períodos de 15 y 30 minutos. Durante la última de esas experiencias se interceptó el haz anterior con otro auxiliar a diferentes alturas, llegándose hasta los 100 m. Esos ensayos fueron observados a una distancia de 12 Km sobre el camino de la costa, manteniendo contacto telefónico con el acorazado. Al observarse nítidamente los destellos se pidió pasar a luz vertical continua, que fue observada nítidamente a simple vista hasta unos 45° de altura: “el haz, si bien demasiado ancho para bisectarlo con los hilos del retículo, aparecía bastante bien definido en sus bordes”. Se tuvo mayores dificultades en la observación de la zona de intersección de los haces debido a que los reflectores del barco sólo permitían un ángulo pequeño. Mientras Aguilar quedó en la primera estación, Cédola se trasladó a una segunda a 30 Km desde donde continuó observando el haz a simple vista hasta unos 30° de altura. Como control, durante las

observaciones se midió la temperatura y humedad relativa ambiente. Debido al ruido del acorazado en el mar el haz estaba en permanente movimiento e impedía hacer mediciones.

Aguilar pensaba que los resultados del uso de luz lateral para fines geodésicos habían sido halagadores y aconsejó que, en el caso de hacerse mediciones, convendría emplear teodolitos que permitieran el uso de hilos iluminados sobre un fondo oscuro. Entusiasmado por estas experiencias, en nota del 21 de octubre de 1938, Aguilar solicitó permiso al Ministro de Marina para que el reflector del acorazado Belgrano se instalara en la base naval de Río Santiago, cerca de la ciudad de La Plata, para continuar con los estudios en tierra firme. En carta fechada el día siguiente a la del pedido, el capitán de navío Abelardo Pantín, Jefe de la Secretaría del Ministro, se dirigió a Aguilar autorizando el movimiento de los reflectores.

Con un teodolito Bamberg cedido por el IGM, al que se lo había modificado para obtener la iluminación de los hilos, Aguilar y Cédola hicieron observaciones a 25 Km de la base. Esas observaciones mostraron que el error medio en la observación aconsejaba seguir con estas experiencias. Aguilar solicitó la autorización de la Marina para utilizar dos modernos reflectores, que tenía entonces la base de Punta Indio, para medir el “ángulo que permita la extensión del terreno de la Base”. Pensaba instalar también dos torres, para comparar resultados con el método de los haces de luz, cosa que Baglietto consideraba indispensable. También había iniciado gestiones ante la Aeronáutica, pidiendo autorización al mayor Paladino (entonces Jefe de Material Aeronáutico del Ejército) para emplear los reflectores que el Ejército tenía en el aeródromo de la base de El Palomar.

Las actas de la 13ª reunión de la Comisión, del 29 de abril de 1939, nos informan que las experiencias con luz lateral continuaron en el verano de 1939, con la presencia de Biedma y de técnicos calificados del IGM. En esa ocasión se utilizaron los reflectores de la Marina de la base de Punta Indio y también una estación “radiovolante” para establecer un enlace entre la estación de medición y la base.

Midiendo un ángulo con el método de Schreiber obtuvieron errores medios cuadráticos que mejoraban la precisión obtenida por el método clásico de señalamiento. Aguilar pensaba que el método que estaba investigando haría “innecesaria la más costosa y difícil

de las operaciones geodésicas, el reconocimiento trigonométrico y también el empleo de torres en la medición angular”. Baglietto, que parece haber estado destinado en la Comisión a atenuar el entusiasmo natural de Aguilar, hizo notar que, si bien estas experiencias tenían interés, no había que olvidar la fragilidad y el alto costo de los proyectores y que para trasladar esta tecnología a las tareas de campaña geodésica sería necesario resolver el problema de tener que depender de una fuente de energía de dimensiones considerables, de hecho, de una pequeña usina eléctrica. Aguilar continuó trabajando sobre la idea de que sería posible diseñar equipos más simples que los proyectores militares que se habían empleado hasta entonces y adaptados específicamente a las mediciones geodésicas. Una comunicación científica a la Academia de Ciencias de Buenos Aires [Aguilar 1940] detalla sus ideas sobre este tema y sus experiencias. Baglietto sugirió que, como en todo procedimiento operativo nuevo, convenía cerciorarse de la precisión alcanzable haciendo el cierre de un triángulo. En este punto, las actas de reuniones de la Comisión dejan de tratar el tema.

El uso de las radiocomunicaciones en la tarea geodésica

Otra innovación interesante que comenzó a discutirse en el seno de la Comisión, en la 12ª reunión del 23 de marzo de 1939, fue el uso de transmisores y receptores de radio, particularmente en zonas de difícil acceso como, por ejemplo, al norte de Santiago del Estero. En estas zonas se cruzaba, a veces, áreas de bosques y vegetación muy densa, que las hacían prácticamente impenetrables. En consecuencia, el contacto entre los operadores y sus ayudantes se hacía muy lento y difícil.

El asesor en estos temas fue el ingeniero Juan Pablo Arnaud, vinculado al Ministerio de Marina, que había desarrollado un equipo compacto y con un costo por debajo de los mil pesos por unidad. Como antes en el caso de la luz lateral, quedaba por resolver el problema de la generación de corriente para recargar las baterías de esos equipos. Las actas de la 14ª reunión de la Comisión, del 31 de mayo de 1939, nos informan que durante los meses siguientes el ingeniero Arnaud había hecho nuevos ensayos y alcanzado comunicaciones a distancias de 50 Km.

En la sesión de noviembre de 1940 se discutió un informe de Escola y Baglietto sobre el estado de los trabajos de la comisión de reconocimientos trigonométricos en el territorio de Río Negro. Los informantes relataron sus experimentos sobre la recepción de señales luminosas y también recomendaron una incorporación más efectiva en campaña de equipos de comunicación radiofónica. También hicieron recomendaciones sobre modificaciones a las carpas y al frente de los camiones, para protegerlos de los daños que causaba el transporte en zonas de monte, y aconsejaron la adquisición de tractores oruga.

La cuestión de incorporar las radiocomunicaciones al trabajo de campo de la Comisión continuó discutiéndose hasta la 28ª reunión, que tuvo lugar el 21 de junio de 1941. Biedma sugirió el ensayo de equipos transmisores-receptores y Baglietto, promotor principal de estas innovaciones, pidió que se incorporara a uno de los geodestas de la Comisión, el ingeniero Omar Núñez, en el ensayo de estos equipos en campaña.

Luego de diversas pruebas y de consultas con la casa Aristofón, Núñez aconsejó la adquisición tres equipos de baja potencia para que la subcomisión de reconocimientos trigonométricos los utilizara en sus comunicaciones internas. El precio de estos tres equipos alcanzó a 3.900 pesos. Así mismo, se adquirió de la casa R.C.A. Victor un equipo receptor para la subcomisión astronómica.

Otra de las posibilidades que ofrecía el mundo nuevo de las radiocomunicaciones era la de establecer un contacto más estrecho entre la sede de la Comisión y los geodestas que trabajaban en zonas alejadas, particularmente en la Patagonia. El precio de un equipo capaz de atravesar esas distancia resultó ser prohibitivo para las posibilidades de la Comisión. Como en otras ocasiones, el IGM ofreció una solución para este problema: Biedma ofreció ceder a la Comisión un equipo de radiotelegrafía de esa institución, conjuntamente con un operador.

El uso de la fotografía aérea

Desde la segunda reunión, del 7 de agosto de 1937, la Comisión del Arco recibió cartas y visitas de expertos locales interesados en sus tareas; algunos de ellos, como el ingeniero Juan Campbell, aportaron

sugerencias para mejorar el trabajo de las estaciones geodésicas. El geodesta Schulz sugirió hacer uso intensivo de la aerofotografía, tanto en las campañas de la Comisión como en la construcción de una fotocarta. Schulz había considerado ya ese tema en 1908, cuando hizo un ensayo de estereofotogrametría en la zona de Tandil [*Schneider 1980*: 289] y en 1912 en sus lecciones sobre fotografía y lectura de cartas en la nueva Escuela de Aviación Militar dirigida por Jorge Newbery, de la que fue parte del grupo inicial de profesores [*Biedma R. 1995*]. Biedma, cuya institución tenía material de vuelo y cámaras adecuadas, estuvo de acuerdo en la conveniencia de utilizar la aerofotografía, particularmente teniendo en cuenta que el arco cruzaría por zonas cuya cartografía no se conocía con la debida precisión. Frenguelli, que había visto la carta levantada por el IGM para Yacimientos Petrolíferos Fiscales en Salta, señaló que el costo de las fotocartas era elevado. Aguilar indicó que la construcción de una carta topográfica no figuraba entre de los objetivos de la Comisión y que esta importante tarea correspondía al IGM.

En la 4ª reunión, celebrada el 23 de marzo de 1938, Biedma volvió sobre la cuestión de utilizar el método aerofotográfico, sugiriendo que se realizaran vuelos a baja altura, en la zona norte de Córdoba, que estaba aún “desprovista de información cartográfica fidedigna”. La cuestión se continuó discutiendo en los meses siguientes. En la 5ª reunión, del 23 de abril de 1938, se anunció que se iba a dar comienzo a los relevamientos aéreos con un avión Fairchild 152, provisto por el IGM, que debió ser modificado y adaptado para operaciones de aerofotografía. Varios vocales expresaron su deseo de participar en los vuelos.

En la 6ª reunión, del 25 de junio de 1938, se dio cuenta de la serie de vuelos que habían tenido lugar en el mes de mayo. Por razones técnicas sólo pudieron participar Aguilar, Baglietto y Negri. El vuelo se desarrolló a lo largo de seis días. Partiendo de El Palomar la aeronave se dirigió a Rosario y luego a Córdoba, Santiago del Estero, Salta y Tabacal, y de allí nuevamente a Córdoba donde aterrizó en las pistas de la Fábrica Nacional de Aviones. Los miembros de esa comisión se vieron obligados a regresar por tren debido a que en Córdoba se detectaron desperfectos en el funcionamiento del motor del avión.

El peligro enfrentado por los integrantes de la Comisión no afectó su impresión de que la aerofotografía abría posibilidades de considerable interés. Satisfechos con el resultado de ese vuelo preliminar los miembros de la Comisión dejaron constancia en su informe de que “es notable la visión de conjunto que se domina desde el avión a los efectos de decidir sobre el recorrido general de la cadena de triangulación”. Pensaban que una consecuencia importante del uso del avión era que evitaba “largos y costosos tanteos que hubieran sido indispensables en el estudio detallado del terreno”. A consecuencia de ese vuelo preliminar se decidió desviar “la cadena hasta más de medio grado en algunas partes, respecto del anteproyecto de gabinete”. Además, habían obtenido “valiosos datos orográficos e hidrográficos de la zona que recorrerá la cadena de triangulación, lo mismo que información sobre caminos, sendas, poblaciones, existencia de bosques y sus características, etc”. Se estimó que “el reconocimiento previo aéreo se traducirá en un ahorro de unos seis meses de trabajo de reconocimiento terrestre”.

Baglietto indicó que el reconocimiento aéreo era “un poderoso auxiliar” y se felicitaba de “que la Comisión lo haya introducido en el país”. Esperaba contribuir a difundirlo desde su cátedra universitaria en Buenos Aires.

El desarrollo del análisis numérico y de técnicas de estadística en la Comisión

Previendo la necesidad de un calculista se designó al joven estudiante de ingeniería Baldomero de Biedma en la 11ª reunión, del 24 de diciembre de 1938. Los nombres de los empleados a menudo repetían o recordaban los de miembros de la Comisión. La actividad de cálculo empezó a adquirir real significación dos años más tarde, hacia fines de 1940, cuando se comenzó a recibir, en Buenos Aires, un flujo creciente de información proveniente de las subcomisiones de campo, lo que hizo que fuera necesario prestar mayor atención a los trabajos de gabinete.

Para las tareas de cálculo numérico la Comisión contó con los servicios de J. Böhner y de Alois Linder, que hacía el cálculo de

libretas de medición angular. Los calculistas concurrían tres veces a la semana y cumplían horario de oficina. Böhner era jefe de la Sección de Cálculo en la División de Geodesia del IGM; Aguilar lo describió como un calculista de “gran competencia en la materia,” y dijo luego “que puede ser considerado como el maestro de los demás especialistas en la materia de esa sección,” punto de vista compartido por Biedma. Sin embargo, el IGM tenía una larga trayectoria en el cálculo numérico. Desde antes de la Primera Guerra Mundial disponía de una oficina de calculistas, para la que había importado al doctor en ciencias Jacobo Mettler y a los geodestas Julio Lederer y al ya citado Schulz. El primero de ellos creía que la proyección Gauss-Krügger se adaptaba mejor que otras a la descripción del territorio argentino (idea compartida por Aguilar) y desarrolló sus ideas en diferentes publicaciones [*Mettler 1936, 1955*]. Lederer, por su parte, publicó en la *Revista de Filosofía*, en 1921, uno de los primeros trabajos escritos en la Argentina, de divulgación de los problemas científicos y filosóficos asociados con la teoría de la relatividad de Einstein.

La Comisión contaba además con ayudantes calculistas, que se ocupaban del cálculo de las planillas de nivelación; su remuneración era de 180 pesos mensuales, aproximadamente la mitad de la de los ingenieros. Aguilar elogió el rendimiento de uno de ellos, Ángel Ruíz, que era entonces estudiante de ingeniería en Buenos Aires.

En el desarrollo de los métodos numéricos de tipo no gráfico-geométrico en la Argentina, en el primer tercio del siglo veinte, corresponde señalar los trabajos de Ricardo Gans quien, hacia 1920-1925, hizo un uso intensivo de esos métodos en el tratamiento de problemas de investigación en física. Hacia 1922 Horacio Damianovich creó en la Universidad Nacional del Litoral un Laboratorio y Museo de Matemática Aplicada, que estaba a cargo de José Babini. Este último, junto con Rey Pastor, promovió el uso de calculadoras mecánicas y de métodos numéricos en áreas de físico-química y de sus aplicaciones industriales, a través de obras y artículos sobre esos temas. Otros dos jalones importantes de la década siguiente fueron la experiencia ganada en la sede de Buenos Aires de la Comisión del Arco, y los cursos de “cálculo numérico y aproximación” dictados por Terradas en la Universidad Nacional de La Plata.

Actividades de la Comisión del Arco en el campo de las ciencias naturales

La Ley 12.334 establecía que uno de los vocales de la Comisión actuaría como representante del Museo de La Plata. La inclusión de las ciencias naturales en el plan de la Comisión se debía al deseo de las autoridades de dotar al proyecto de medición de un arco de meridiano de una perspectiva más amplia que la meramente geodésica. Como la zona de mediciones astronómicas cubriría una franja vertebral del territorio del país, se proponía que la Comisión no solamente midiera con gran precisión parámetros geodésicos, magnéticos, y gravimétricos a lo largo de esa línea, sino que también realizara estudios sobre la naturaleza en un entorno de esa línea que, como he dicho, cubría unos 200.000 Km² y sería una referencia básica para estudios posteriores sobre la naturaleza del país.

Sin embargo, había fuerte resistencia en el seno de la Comisión para admitir que las ciencias naturales fueran, verdaderamente, parte de un proyecto que la mayoría veía como un sofisticado operativo geodésico-mareográfico. Desde la 3ª reunión del 19 de marzo de 1938, Baglietto y Biedma expresaron, claramente, que no creían que fuera prudente invertir fondos de la Ley 12.334 para subvencionar estudios aparentemente tan alejados de los geodésicos, geofísicos u oceanográficos, como eran los de las ciencias naturales. El tema se volvió a discutir en la 4ª y la 5ª reunión de la Comisión, del 23 de marzo y el 23 de abril. Aguilar defendió la inclusión de las ciencias naturales con lo que, en efecto, defendía los intereses del Museo de su propia Universidad, ya que se acordó tempranamente que el material recogido iría a parar al Museo de La Plata. Para ello invocó la importancia de un mejor conocimiento de la geología de las regiones en el entorno de la franja de medidas y agregó luego tareas de interés para la agricultura y ganadería.

La animosidad contra los naturalistas hizo llevar la cuestión al Ministerio, que falló en favor de la propuesta de Aguilar. Sin embargo, la derrota de los geodestas no fue completa, ya que lograron que la colaboración de los expertos del Museo se hiciera exclusivamente en condición *ad-honorem*. La Comisión se limitaría a cubrir sus pasa-

jes y un viático diario, que se fijó en 10 pesos. Si bien los geodestas en campaña actuaban como empleados de la Comisión, el viático de los naturalistas, si se lo compara con el sueldo de un ingeniero en campaña, no era pequeño. Sin embargo, sería difícil afirmar que los naturalistas fueron alguna vez plenamente aceptados por la mayoría de los miembros de la Comisión.

Quizá con el fin de pacificar una situación conflictiva en la Comisión, Aguilar trató de ampliar las áreas de contacto entre la Comisión del Arco y las ciencias naturales, moviéndose en dirección a sectores de mayor interés práctico, en particular, hacia la agronomía, que era ajena a los intereses científicos inmediatos del Museo. Con este fin, en la 9ª reunión, del 9 de octubre, Aguilar anunció que dos días atrás le había solicitado al ingeniero Enrique Padilla, Ministro de Agricultura, que el Insectario del Instituto de Investigaciones sobre la Langosta, de ese Ministerio, cediera un experto en recolección de materiales; la Comisión se comprometió a abonar sus viáticos. La persona elegida para esa tarea fue Rodolfo Maldonado Bruzzone. De igual modo, Aguilar buscó ampliar los contactos en el área de agronomía, ahora dentro de la Universidad de La Plata, para lo cual recurrió a la Facultad de Agronomía. En 1939 se discutió la incorporación del ingeniero agrónomo Santos Soriano, que se encargaría de abrir una línea de estudios edafológicos. Soriano era un joven y brillante edafólogo que había recibido instrucción en los Estados Unidos con una beca de la Fundación Guggenheim, otorgada en 1937. En la 22ª reunión de la Comisión, del 21 de septiembre de 1940, el ingeniero agrónomo Evergisto A. Medina, que trabajaba bajo la supervisión de Soriano, comenzó a preparar un mapa del suelo con diferentes coloraciones que destacaban diferentes tipos de terreno. En la misma época, el naturalista Max Birabén propuso iniciar una colaboración de un mes de duración con la Comisión, haciendo estudios en la zona del Arco comprendida entre Córdoba y Chaco. Luego de algunas discusiones se aprobó una subvención de hasta 800 pesos para Birabén, pendiente de la recepción de un informe técnico.

La geología de la franja cercana a la línea de medición tenía interés para la implantación de señales permanentes. Por esa razón

Aguilar se puso en contacto con el Director interino del Museo de La Plata, Walter Schiller, de quién recibió una respuesta muy positiva y concreta. Schiller accedió a dictar un cursillo especial sobre petrografía y geología, de varias semanas de duración, a dos miembros de la comisión de puntos fijos y se comprometió también a acompañarlos en una excursión de varios días de duración y enseñarles aun mayores detalles sobre el terreno.

Mientras tanto Frenguelli hizo un viaje de estudio a Santiago del Estero acompañado de Maldonado Bruzzone. Allí entró en contacto con los hermanos Duncan y Emilio Wagner, autores de un libro sobre la civilización chaco-santiagoueña [*Wagner y Wagner 1934*]. Como consecuencia de ese viaje, el Museo enriqueció considerablemente sus colecciones: los Wagner le obsequiaron a Frenguelli numerosas piezas de sus colecciones, con destino al Museo de La Plata y, mostrando su generosidad y amplitud de miras, lo guiaron hasta lugares donde había materiales científicos de considerable valor. Allí encontraron más de un centenar de urnas que, a juicio de Frenguelli, según consta en su informe a Aguilar de fecha 18 de diciembre de 1939, constituían “una colección de excepcional valor, tal vez la mayor exceptuando la de los hermanos Wagner”, que habían sido sus guías. Frenguelli indicó que, para llevar ese material a La Plata, se necesitaría “un vagón de ferrocarril, tal vez dos”. Afortunadamente, existía una línea de ferrocarril que unía esa región directamente con La Plata sin necesidad de trasbordos, que fue la que finalmente se utilizó para el traslado. Una vez que el material estuviera ordenado en el Museo, Frenguelli se proponía invitar a los miembros de la Comisión a inspeccionarlo. El contacto con los hermanos Wagner, estudiosos de las antiguas civilizaciones de la provincia de Santiago del Estero, había sido providencial para el Museo. De regreso, y con característico protagonismo, Frenguelli mostró ante la Comisión “fotografías de su propiedad de los hallazgos de Santiago del Estero, con las que ilustrará un artículo que aparecerá en *La Nación*”.

Las actividades de recolección de los naturalistas, un poco al azar a los ojos de algunos miembros de la Comisión, dieron lugar a una discusión sobre su metodología y el propósito de sus actividades. Se preguntaban si los trabajos de la subcomisión de ciencias naturales

se reducían simplemente a recolectar material, dependiendo de hallazgos más o menos fortuitos, o si esa recolección tenía un plan, o si quizás eran el prolegómeno indispensable para estudios de mayor envergadura, con una estructura bien definida. Si éste era el caso, la Comisión deseaba saber qué se había hecho en esa dirección en los últimos años. Frenguelli manifestó que era imposible contestar esa pregunta antes de que hubiera publicaciones, dado que el Museo era una institución amplia, con investigadores distribuidos en nueve departamentos. La respuesta no satisfizo a los vocales de la Comisión quienes, con cierta irritación, solicitaron a Frenguelli que presentara “un plan orgánico que comprenda las distintas especialidades que serán motivo de investigación y que permita encuadrar los estudios aislados que se vayan produciendo”.

Su éxito fue muy limitado. Ignorando lo discutido, en la 24ª reunión de la Comisión, del 30 de noviembre de 1940, Frenguelli continuó con su política de solicitar subsidios puntuales en áreas muy diversas; el apoyo de Aguilar hizo que continuara obteniéndolos. En esta oportunidad propuso que la Comisión apoyara a Enrique Palavecino, que deseaba trasladarse a la región de Ituyuro, en el Chaco, con el fin de hacer estudios sobre una tribu “en vías de desaparecer”, lo que finalmente se aprobó.

En la reunión siguiente, del 14 de diciembre de 1940, que fue última de ese año, Aguilar informó acerca del permanente avance de las comisiones geodésicas, a veces venciendo dificultades enormes y aun perdiendo en su camino a algunos de sus miembros debido a enfermedades o accidentes. Aguilar propuso que se les concedieran vacaciones y un pasaje para que pudieran visitar a sus familiares.

La serie de publicaciones de la Comisión del Arco

A mediados de 1941 surgió la iniciativa de lanzar una serie de publicaciones oficiales de la Comisión del Arco con los resultados de sus diversos trabajos, sin esperar el término de sus actividades. Se resolvió fijar un tamaño único de 23 por 29 cm para todas ellas, a fin de que luego se pudieran agrupar en cada uno de los volúmenes, y que éstos no tuvieran una extensión total de más de unas doscientas páginas.

Por esta razón era “indispensable la homogeneidad tanto en el papel como en la impresión”. La Ley de Contabilidad era un obstáculo serio, pues requería licitar la impresión de cada monografía, lo que hubiera hecho difícil conservar la homogeneidad.

La Comisión resolvió solicitar autorización para licitar el conjunto de las publicaciones en una sola casa; Aguilar quedó encargado de hacer esa gestión ante Mario de Tezanos Pinto, Presidente de la Contaduría General de la Nación, lo que hizo el 16 de agosto de 1941, según consta en las actas de la 30ª reunión, de esa misma fecha. La Comisión resolvió también publicar al final de cada año una reseña sucinta de sus actividades. Es posible que una noticia breve acerca de las realizaciones de la Comisión, que Aguilar comunicó a la 7ª Semana de Geografía organizada por la Sociedad de Estudios Geográficos GAEA [Aguilar 1942] sea un resumen de esas reseñas. Así mismo, las autoridades de la Comisión resolvieron que esas publicaciones serían distribuidas exclusivamente por la Comisión.

Lamentablemente, esta iniciativa, que hubiera dejado un rastro más permanente de la actividad de la Comisión, encontró cierta resistencia por parte de Aguilar, que no evaluó correctamente la importancia de lograr una adecuada percepción pública de lo que estaba realizando la Comisión. La serie de publicaciones nunca terminó de concretarse a pesar de la insistencia de monseñor Devoto y Tezanos Pinto, que señalaron que, en el Congreso, los representantes se preguntaban si, finalmente, ésta no sería “una comisión más”. Afortunadamente, algunos de los resultados de las labores de la Comisión fueron luego publicados en forma individual por las entidades integrantes, principalmente por el Observatorio y el Museo de La Plata. Este fue un error serio de Aguilar, que no percibió la importancia de documentar el trabajo de la Comisión; esa desatención puede haber conspirado contra una apreciación amplia del extenso rango de los trabajos realizados por los miembros de la Comisión y a iniciativa de ésta.

Impacto de las actividades de la Comisión en los países vecinos

Las relaciones de la Comisión con países vecinos fue un tema de constante preocupación. En noviembre de 1940 Aguilar deseaba ver prolongada la medida del arco de meridiano hacia el norte, penetrando

en territorio de Bolivia. A pesar de su amistad con especialistas en geodesia del Instituto Geográfico Militar de ese país, no logró extender la red como deseaba. En ese momento, los expertos de Bolivia estaban bajo la presión que imponía la tarea de demarcación de los límites, no sólo con la Argentina, sino también con Brasil, Paraguay y Perú. Sin embargo, la Comisión finalmente logró acuerdo para continuar sus trabajos de medición de un arco de meridiano dentro del territorio de Bolivia.

En una entrevista en la zona fronteriza de La Quiaca, Biedma y el coronel Carreaga, del IGM de Bolivia, discutieron detalles acerca de una posible colaboración, que el coronel boliviano transmitió a las autoridades civiles y militares de su país. En marzo de 1941 Carreaga escribió a Biedma pidiéndole que hiciera gestiones ante el gobierno boliviano y que lo mantuviera informado. Finalmente, el IGM de Bolivia aceptó delegar algunos de sus especialistas para continuar con la medida del arco. A su vez, la Comisión argentina ofreció una colaboración técnica amplia para facilitar la homogeneidad de las mediciones.

Las actas de la 27ª reunión de la Comisión, en 1941, que parecen incompletas, nos informan de contactos con geodestas chilenos. En su cátedra de la Universidad de Buenos Aires, Baglietto recibió la vista del mayor Muñoz, Subdirector del IGM de Chile, y del mayor Concha, Director de la Academia de Topografía y Geodesia de su país. Estos especialistas eran delegados de su país ante la Comisión de Límites entre Argentina y Chile. Con anterioridad, los geodestas chilenos habían expresado interés por conocer detalles de los trabajos de la Comisión del Arco de Meridiano. Baglietto y sus colegas habían considerado la posibilidad de extender hasta el Cristo Redentor la nivelación de alta precisión que Baglietto había iniciado en la zona cordillerana con sus alumnos, civiles y militares, de la Universidad de Buenos Aires. La propuesta era vincular las nivelaciones de Argentina y Chile y llegar con los trabajos trigonométricos hasta el Pacífico.

En esa reunión Baglietto hizo referencia a la alta opinión que se había formado el Presidente de la Asociación Geodésica Internacional, de los geodestas argentinos, en su visita de febrero de 1935. Meinesz dejó también en Baglietto y otros especialistas argentinos un interés serio por la medida de la gravedad en el mar.

El impacto de la guerra: la substitución de importaciones en el campo científico-técnico

Problemas causados por la Segunda Guerra Mundial: el aislamiento con Europa

El estallido de la Segunda Guerra Mundial afectó, directa e indirectamente, las actividades de la Comisión. Por una parte, la guerra terminó gradualmente por dislocar el contacto con las grandes fábricas de instrumentos científicos de Europa. Las inseguridades de tránsito en ese continente, lo mismo que las de la navegación en el Atlántico Norte, hicieron extremadamente difícil la comunicación con Europa. Esta circunstancia limitó severamente las posibilidades de envío de instrumentos para reparaciones o ajustes importantes y, más serio aun, la recepción de materiales, equipos e instrumentos necesarios para el trabajo geodésico y para el ulterior tratamiento de los resultados de medición. La necesidad creciente de instrumentos para uso militar terminó por hacer impensable la obtención de instrumentos científicos en Europa. A consecuencia de la guerra también se redujo considerablemente el acceso a la información científica y técnica extranjera. Esa información llegaba a través de boletines y revistas especializadas extranjeras, con resultados científicos o noticias sobre nuevos métodos o instrumentos, o sobre problemas y soluciones surgidos en campañas similares en Europa, por ejemplo la del Báltico. La guerra afectó también el funcionamiento eficiente de la Unión Geofísica Internacional, que antes había sido utilizada por la Comisión ante las esferas oficiales como elemento de presión, por el compromiso que el gobierno argentino había contraído con ella.

Al comienzo de la guerra algunos sectores de opinión representados en la Comisión confiaban en que tendría una resolución rápida, ya fuera por un acuerdo entre las partes aún en guerra, o por un rápido triunfo de Alemania. Esta percepción no era exclusiva de la Argentina. Importantes científicos de los Estados Unidos, como George D. Birkhoff,³ que no deseaban el triunfo de la Alemania de Hitler, compartían ese punto de vista. Sin embargo, a medida que la guerra progresaba y se extendía, se fue tomando conciencia de que su desarrollo no sería necesariamente breve. Una primera medida paliatoria

adoptada por la Comisión fue tratar de agotar las reservas nacionales pidiendo al IGM, al Ministerio de Obras Públicas, al gabinete de Geodesia de la Universidad y a otras instituciones, diversos instrumentos en calidad de préstamo.

Poco a poco se fue percibiendo con mayor claridad que la única solución viable era el desarrollo de facilidades locales, si no para suplir a la Comisión con instrumentos nuevos, por lo menos para remediar las deficiencias. El aislamiento que la Primera Guerra Mundial impuso a la Argentina a partir de 1914 dio lugar, gradualmente, a un intento de sustituir las importaciones con productos nacionales. Este esfuerzo se repitió a partir de 1940 y, nuevamente, contribuyó a crear condiciones favorables para el estímulo de la inventiva local. En las áreas de interés para la Comisión esta actitud se puede detectar a través de los esfuerzos aplicados a la reproducción de instrumentos antes importados del exterior, y a intentos por introducir modificaciones y mejoras en los ya existentes. Gradualmente, cada vez con mayor audacia, esas iniciativas se aplicaron a áreas más complejas de la ciencia y la tecnología.

Cortado el contacto editorial con Europa, se estimuló también en esos años en la Argentina la actividad editorial, y comenzaron a aparecer nuevas revistas científicas que contribuyeron a dar mayor cohesión al movimiento científico local. Esas iniciativas tienen el mayor interés para el estudio del desarrollo de un incipiente movimiento científico en la Argentina, con trazas de características regionales propias.

Por otra parte, la Argentina se había beneficiado, y continuó beneficiándose, con la gradual llegada de científicos y técnicos europeos que habían emigrado de su país de origen debido a las diferentes situaciones políticas creadas en Europa desde mediados de la década de 1930. Terradas fue uno de ellos [*Ortiz, Roca y Sánchez Ron 1989*] y, con signo diferente, también lo fue Alexander Wilkens, especialista mundialmente conocido por sus trabajos en mecánica celeste, que dejó la dirección del Observatorio de Breslau, y pasó al de La Plata.

El aislamiento causado por la guerra había creado una intensa necesidad de técnicos y profesionales. Aunque hubo casos contradictorios, la posibilidad de atraer especialistas extranjeros fue explorada con asiduidad, dándose el caso curioso que, aun en pe-

riodos de gobiernos filofascistas, la Argentina dio entrada a científicos y técnicos que, precisamente, escapaban de esos sistemas políticos en su país de origen.

La política de sustitución de importaciones, aunque costosa, contaba entonces con un consenso amplio en el espectro político. Algunos la veían como factor de liberación frente a la estrecha dependencia técnica de la Argentina de los países más desarrollados; otros, como una expresión más de una corriente nacionalista que, en ese momento, comenzaba a cobrar fuerza en el país, y a la que me referí antes en relación con la “nacionalización” de los puestos directivos en instituciones oficiales. En paralelo con los intentos de sustitución de importaciones, se hicieron también esfuerzos por incorporar nuevas tecnologías que se sabía habían sido consideradas recientemente en Europa y, a la vez, desarrollar algunas iniciativas de origen local. Más adelante daré algunos ejemplos.

Desarrollo de recursos locales: El caso del mecánico Juan Müller

Antes de que el conflicto cerrara la importación de materiales indispensables, la Comisión del Arco alcanzó a recibir algunas partidas de alambres y cintas de invar encargados a Francia. Sin embargo, se consideró oportuno encargar a los talleres del IGM que estudiara la posibilidad de producirlos en el país.

El técnico mecánico Juan Müller, que estaba a cargo del taller del Observatorio de La Plata es un ejemplo emblemático, pero no único, de los esfuerzos de ese período. Müller había demostrado ya su habilidad en la construcción de heliotropos y colimadores para mediciones angulares, cajas para diversos aparatos e instrumentos, y equipos diversos requeridos para la medición de bases geodésicas. Aguilar estaba muy satisfecho con su habilidad técnica y, en reuniones de la Comisión, invitó a sus miembros a que visitaran el taller del Observatorio y conocieran personalmente a Müller.

En la 28ª reunión de la Comisión, del 21 de junio de 1941, Aguilar informó que Müller había ideado y construido en los talleres del Observatorio de La Plata un “aparato de alineación de nuevo tipo”, y estaba también dando término a “un equipo de alambre de metal blanco que será empleado en la medición previa de la base de San

Francisco del Chañar". Con el propósito que fuera posible hacer mediciones en días de vientos fuertes, la Comisión adquirió un anemómetro de Richard y el taller del Observatorio de La Plata se abocó a la construcción de un aparato registrador de la dirección del viento.

En la reunión siguiente, del 9 de agosto de 1941, se informó del fallecimiento de monseñor Devoto y, como homenaje, la Comisión decidió que la base de San Francisco del Chañar fuera designada con el nombre del astrónomo desaparecido.

Los talleres del IGM cumplieron también con diversas tareas esenciales para las actividades de la Comisión, por ejemplo, eran los únicos en el país capaces de proveer torres que imitaran las del U. S. Coast and Geodetic Survey. Las autoridades del IGM aceptaron encargarse de la dirección técnica y de la mano de obra sin otro costo que los gastos de construcción.

Sin embargo, la disponibilidad de técnicos con experiencia adecuada era muy limitada. El retiro de cada uno de esos técnicos presentaba un problema serio. La jubilación del mecánico de precisión del IGM, por ejemplo, hizo que esta institución no pudiera afrontar la construcción de un aparato para la medición de bases que la Comisión le había solicitado. La única alternativa viable fue pasar la tarea al taller del Observatorio donde Müller, con la colaboración de los talleres de fundición de la Escuela Industrial de La Plata, pudo satisfacer el pedido.

Contemporáneamente con la Comisión del Arco, otras instituciones científicas de Argentina ensayaban una reconversión que implicaba una visión nueva de la utilización del talento local o, nuevamente, la importación de personas con saberes que podrían contribuir a la sustitución de importaciones de materiales e instrumentos científicos. En el campo de la astronomía Gaviola, en el Observatorio de Córdoba, logró atraer expertos extranjeros emigrados y técnicos locales capaces de reparar, diseñar y construir instrumentos delicados y complejos. En algunos casos esas tareas exigían el manejo de técnicas que entonces no eran triviales, por ejemplo, el depósito de capas metálicas delgadas al vacío y la construcción de termocuplas muy delicadas.

Es curioso, y posiblemente indicativo de rivalidades con el Observatorio, que en las actas de reuniones de la Comisión del Arco no se hiciera referencia alguna a ayuda prestada por el Instituto de Física de la Universidad de La Plata. Sin duda, para entonces el

Instituto había reunido una valiosa experiencia en el diseño y la construcción de instrumental científico de alta precisión.

Problemas similares a los de instrumentación se presentaron en diversas áreas de la ingeniería, debido a la falta de materiales de construcción esenciales que, a causa de la guerra, no podían recibirse de Europa. En un caso interesante, se hizo uso de la experiencia que había reunido la DGNyP, sobre el comportamiento del hormigón de fabricación argentina en aguas saladas, para diseñar en hormigón elementos esenciales de las estaciones mareográficas.

Conclusiones

Etapas finales de la medición del arco

Hacia 1943 Aguilar, además de ser responsable de la Comisión del Arco y del Observatorio de La Plata, cumplía con funciones directivas y de campaña en las Comisiones de Límites con Chile y Bolivia. Esta última tarea lo obligó a realizar campañas geodésicas en el Altiplano, en condiciones sumamente difíciles. Hacia fines de septiembre de 1943 Aguilar falleció repentinamente en Buenos Aires, dejando un vacío grande en las tareas de ambas comisiones.

Independientemente de la reconocida pericia científica de Aguilar en su especialidad, en su entorno no había quedado científico exacto alguno con quien las fuerzas armadas pudieran continuar un diálogo tan acorde y tan fluido como el que habían mantenido con él por muchos años. Por otra parte, su desaparición ocurrió en un momento muy particular de la vida argentina. El golpe de estado de junio de 1943 colocó las fuerzas armadas en una posición aún más prominente en cuanto a las decisiones políticas en la Argentina. En un aspecto menor de ese panorama, el nuevo protagonismo de las fuerzas armadas sugería también alternativas nuevas en sus relaciones con el movimiento científico local. Gradualmente, e imitando lo que ocurría en otros países, ellas comenzaron a tomar una posición dominante en esos contactos.

Luego del fallecimiento de Aguilar el IGM quedaba claramente como la única institución capaz de conducir a buen término las tareas de la Comisión, a la que desde un comienzo había contribuido a

sostener con su propio personal. Por decreto del 2 de octubre de 1944, a sólo un año de la muerte de Aguilar, el personal de la Comisión del Arco de Meridiano Argentino fue transferido al IGM. Cuando el gobierno nacional decidió traspasar la Comisión al IGM ésta había cumplido ya —en buena medida con el auxilio del IGM— con un 40% de su programa geodésico [Rodríguez 2002: 3]. Diez años más tarde un nuevo decreto la hizo depender directamente de la Secretaría de Guerra.

Desde la creación de la Comisión en 1936 el mundo había cambiado muy significativamente. Con esa creación el gobierno argentino había contraído el compromiso internacional de patrocinar las tareas geodésicas, geofísicas y oceanográficas requeridas para la medición de un arco de meridiano en territorio nacional. Ese compromiso fue un elemento de presión que, en momentos difíciles, las autoridades de la Comisión no dejaron de invocar. Sin embargo, a medida que la guerra mundial adquiría mayor desarrollo, las diferentes comisiones internacionales comenzaron a dislocarse; la de geodesia y geofísica no fue una excepción. A ello se sumó un hecho aún más relevante: la comprobación, por parte de las autoridades nacionales, de que había otras líneas científico-técnicas de interés más urgente para la defensa. En efecto, el centro de atención gubernamental, en relación con las ciencias y sus posibles relaciones con la defensa, comenzó a desplazarse en otras direcciones, fuera de las áreas de la Comisión del Arco. Gradualmente, las investigaciones en aeronáutica, en áreas especiales de la química, luego en electrónica y, finalmente, en física nuclear, comenzaron a ocupar, sucesivamente, el escenario central en los proyectos gubernamentales argentinos. Ese fenómeno no era exclusivo de la Argentina: el primero y el último de esos temas ocuparon también el escenario central en los intereses de Terradas en España, pasado ya su período astronómico y alejado para siempre de la geofísica y la oceanografía.

Comisiones: roles y modelos

En el diseño de las tareas del Observatorio de La Plata, particularmente en sus primeros años, es posible detectar elementos que responden visiblemente a necesidades de la Marina, con la que conservó lazos

estrechos por muchos años. Esto se debía, en parte, a la posición geográfica de ese Observatorio, situado próximo a la entrada del estuario del Río de la Plata, donde la Argentina concentraba entonces la parte más sustancial de sus fuerzas navales, y por donde también tenía salida su voluminosa producción de exportación. Si bien el Observatorio de La Plata se interesó seriamente por la astrofísica, particularmente durante la gestión de Hartmann, mantuvo siempre una presencia fuerte en áreas de la astronomía de posición, la geodesia y la geofísica. En algunas de esas áreas, tanto en la investigación como en la enseñanza, la Universidad de La Plata fue pionera en Argentina.

El Observatorio de Córdoba, en cambio, se había orientado, desde su fundación en 1870, con preferencia en dirección a la ciencia pura. En la elección temática de su época fundacional dio primacía a la astronomía estelar. Aunque la ciencia pura fuera el objeto primordial de la preocupación de sus investigadores, en la compleja visión que le dio origen se esperaban también de ese Observatorio resultados subsidiarios en el campo de la práctica, que permitieran justificar más visiblemente su discutida existencia, particularmente frente al gran público. La posición precisa de las principales ciudades argentinas; una definición rigurosa de la hora y, también, una contribución a la predicción de las condiciones meteorológicas, de gran importancia para la producción agropecuaria, fueron algunas de las producciones accesorias con las que ese Observatorio dio respuesta a aquellos requerimientos. Sin embargo, nunca fueron centrales en su temática de investigación, que se centraba en la descripción del cielo austral y comenzaba a dar mayor importancia al desarrollo de la fotografía estelar.

En la década de 1940 Gaviola hizo esfuerzos serios por reforzar la especialización del Observatorio de Córdoba en temas más claramente orientados hacia la moderna astrofísica, utilizando los recursos de la nueva física. Esa orientación de Córdoba, eminentemente científica, puede haber sido una de las causas de la limitada incidencia de ese Observatorio en la campaña de medición del arco de meridiano.

Sin embargo, aunque las actividades relacionadas con la medición de un arco de meridiano eran considerablemente más clásicas, y carecían del hálito de modernidad que rodeaba a la moderna

astrofísica, mostraron ser capaces de sugerir problemas de indudable interés científico. A la vez, mostraron que el Observatorio de La Plata estaba en condiciones de responder con eficacia a una demanda de las autoridades nacionales, y brindar respuestas en un área que hacia mediados de la década de 1930 era considerada como de considerable interés nacional.

La Segunda Guerra Mundial y el merecido protagonismo que acordó a la física nuclear, particularmente en su año final, marcaron otros rumbos que, a posteriori, enfatizaron la labor indudablemente pionera del Observatorio de Córdoba en el área de la física teórica y sus aplicaciones a la física nuclear. Es posible que este cambio de escena haya contribuido a acordar a las tareas geodésicas un carácter más tradicional, menos asociado con lo que se entendía por modernidad en la percepción de la comunidad científica de la inmediata posguerra.

Esa visión y la falta de un cuerpo de publicaciones en respaldo de los logros de la Comisión del Arco, contribuyeron a empañar la importancia de sus realizaciones, como sugiere el que sus labores hubieran dejado una memoria incierta en la literatura histórica en la Argentina.

La borrosa imagen que dejó la Comisión del Arco

En un artículo periodístico publicado muy al comienzo de las labores de la Comisión, en 1939 y siguiendo a *Aguilar 1936*, Babini destacó la importancia del proyecto de medición del arco de meridiano [*Babini 1939*]. El autor agregó interesantes referencias a los esfuerzos realizados en Chile, donde el terreno había hecho muy difícil continuar al sur del paralelo 42.

La visión de las labores de la Comisión del Arco hacia 1950, cuando ésta se encontraba ya en camino de concluir sus actividades, es reveladora de la percepción contemporánea de sus trabajos. En su documentada obra sobre la historia de la ciencia en la Argentina, publicada en 1949, Babini volvió a ocuparse de la Comisión del Arco, enfatizando nuevamente los objetivos de la Comisión [*Babini 1949*: 163-166] por encima de sus realizaciones, lo que era difícil precisar frente a la falta de un cuerpo de publicaciones. En la nueva

edición de 1954 [*Babini 1954*: 206-209] Babini revisó su entrada sobre la Comisión añadiendo referencias más detalladas a los proyectos en el área de las ciencias naturales. Éstos últimos habían adquirido cierta notoriedad a través de notas de Frenguelli; también hizo referencia Babini a que los trabajos geodésicos entre los paralelos 24 y 30 habían ya concluido.

Hacia fines de la década de 1970 la Sociedad Científica Argentina publicó una serie de volúmenes con estudios sobre la evolución de las ciencias en Argentina en el período 1923-1972. Los relativos a meteorología, oceanografía y radiopropagación (Tomo V), a astronomía (Tomo VII) y a geofísica y geodesia (Tomo VIII) se publicaron en 1976, 1979 y 1980 respectivamente, es decir, casi treinta años más tarde que la obra de Babini. El primero de ellos [*Álvarez 1976*] no hizo referencia a los estudios mareográficos de la Comisión (en particular, a los importantes trabajos de Terradas y del SHM sobre la determinación de la altura media del Atlántico en las costas argentinas). En los dos siguientes las referencias a los trabajos de la Comisión [*Gershanik, 1979*: 60-61 y *Schneider 1980*: 268], son más sucintas aún que en el libro de Babini [*1949*]. El último de aquellos dos trabajos no incluye la Comisión del Arco en el análisis de las labores de Comisiones Nacionales sobre diversos temas de geodesia y geofísica.

Esta falta de impacto en publicaciones específicas sobre la astronomía, geodesia, geofísica y oceanografía argentinas del período 1923-1972, en las que sin duda se hizo un esfuerzo por cubrir las diferentes áreas temáticas en un período que incluye el de actividades de la Comisión del Arco, sorprende. A la vez, nos da una imagen clara de la percepción de esa Comisión por parte de la comunidad científica local hacia 1980. Esta postura puede quizá deberse a que, cuando los resultados logrados bajo el auspicio de la Comisión del Arco fueron finalmente publicados, aparecieron en series de algunas de las principales instituciones participantes (particularmente en las de la Universidad, el Observatorio o el Museo de La Plata), a las cuales fueron, en gran medida, atribuidos totalmente.

Interesa finalmente destacar que las “Comisiones Nacionales”, y la del Arco no fue único ejemplo, eran un artefacto gubernamental efectivo para satisfacer una necesidad en un área muy concreta, sea

ésta de la administración, de la cultura o de la ciencia. Esas Comisiones se asociaban a temas o áreas que requerían un énfasis inmediato y cuyos plazos de realización eran mucho más estrictos que los que consideraba, por ejemplo, la investigación académica. En el área científico-técnica de la Argentina, la experiencia ganada con la gestión de “comisiones nacionales” no se colmó con la finalización de las tareas de la Comisión del Arco.

La Comisión Nacional de Energía Atómica, aunque modelada mucho más claramente en patrones de los Estados Unidos, es heredera, en alguna medida, de cánones científicos que el Observatorio de Córdoba ayudó a consolidar, principalmente en la década de 1940. Sin embargo, y sobre todo en sus aspectos de gestión, la Comisión destinada a la promoción de la energía nuclear no deja de evocar algunas de las características que elaboró la Comisión del Arco durante su desarrollo, iniciando un novedoso diálogo simultáneo con las instituciones militares, con instituciones académicas y con reparticiones del Estado.

La amplitud de los esfuerzos asignados a la Comisión del Arco se repite en la gestión de la de Energía Atómica, que cubre también una sorprendente diversidad de campos científicos, técnicos y administrativos, nunca alejados de los de la defensa y en ambos casos convergentes al logro de un resultado muy preciso y concreto.

Agradecimientos

Deseo agradecer al profesor Antoni Roca (Institut d'Estudis Catalans y Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona) haberme facilitado copia de un grupo de documentos relativos a la actuación de Terradas en la Comisión del Arco, conservado en los fondos del Institut d'Estudis Catalans, en Barcelona, que me ha sido de inapreciable utilidad en la realización de este trabajo. Deseo también agradecer a los profesores Jorge Sahade y Pedro E. Zadunaisky, antiguos miembros del Observatorio Astronómico de La Plata, por la gentileza de facilitarme informaciones y documentos relativos a su institución y responder, en diversas épocas, a mis preguntas sobre temas relacionados con la historia y las personalidades del Observatorio de La Plata. Igualmente deseo agradecer a Rubén C. Rodríguez, de la Universidad de Buenos Aires y el

Observatorio Astronómico de La Plata, por la gentileza de contestar diversas preguntas específicas sobre el tema de este trabajo.

Deseo agradecer muy especialmente a la doctora Cecilia von Reichenbach, del Museo de Historia de la Física, Universidad Nacional de La Plata, por haberme facilitado documentación referente a Aguilar y por haberme invitado a leer partes de este trabajo en su Simposio sobre Historia de la Física. Finalmente, al doctor Pablo Lorenzano, a la doctora von Reichenbach y a los miembros del Comité Argentino, por haberme invitado a leer este trabajo como Conferencia de Clausura del VI Congreso de la Sociedad Latinoamericana de Historia de la Ciencia y de la Tecnología, Buenos Aires, marzo de 2004.

Notas

- ¹ La aplicación del término *big science* en la literatura histórica ha sido también algo arbitraria. La historiografía sobre los avances técnicos realizados durante la Segunda Guerra Mundial ha dado considerable preeminencia al Proyecto Manhattan, que ha llegado a convertirse en el paradigma de la *big science*. Sin embargo, la singularidad de ese proyecto es discutible. Sin salir del mismo período y de las aplicaciones de corte militar, la suma invertida por el National Defense Research Committee (NDRC) para el desarrollo de defensas antiaéreas (Comité en el cual el Presidente del M.I.T., Vannevar Bush, fue la figura central) fue mayor que la invertida en el Proyecto Manhattan. Véase, por ejemplo, *Mindell 2002*.
- ² Secretario del Consejo Superior a Castiñeiras, 15 de noviembre de 1943. Archivo de la Universidad Nacional de La Plata.
- ³ Véase George D. Birkhoff a Arnaud Denjoy, Octubre 26, 1939. Archivo de la Universidad de Harvard

Fuentes documentales

Archivo General de la Armada.

Archivo General de Marina, Casa Amarilla.

Archivo Técnico del Servicio Hidrográfico de la Marina.

Archivo del Observatorio de La Plata.

Archivo de la Universidad Nacional de La Plata.

Archivo de la Universidad de Harvard.

Archivo del Institut d'Estudis Catalans, Fondo Terradas;

Referencias

- Academia Nacional de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, (1928). *Utilización de las mareas de la costa patagónica; estudio realizado por la Comisión Nacional Honoraria designada por decreto del Sup. Gob. del 7 de diciembre de 1923 a propuesta de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Buenos Aires; posible aplicación de las fuerzas hidráulicas a la elaboración de materias primas y a la implantación de industrias electroquímicas*. Buenos Aires: Tomás Palumbo.
- Aguilar, F. (1931). Contribución a la determinación de la figura matemática de la Tierra, *Anales de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales/ Anales de la Sociedad Científica Argentina*. 112: 369-389.
- _____. (1937). La medición de un arco de meridiano en la República Argentina, *Anales del Instituto Popular de Conferencias*, (Vigésimo segundo ciclo, de 1936). 22: 199-214.
- _____. (1940). Empleo de la luz difusa en la medición angular geodésica, *Anales de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 7: 7-15.
- _____. (1942). Noticia sobre los trabajos para la medición de un arco de meridiano en la República Argentina (Presentado ante la 7ª Semana de Geografía). *GAEA*, Septiembre-Octubre.
- Álvarez, J. A. (1976). Meteorología, Oceanografía y Radiopropagación, en *Evolución de las Ciencias en la República Argentina, 1923-1972, V: Meteorología, Oceanografía y Radiopropagación*. Buenos Aires: Sociedad Científica Argentina.
- Anales ICE (1952) = *Anales de la Institución Cultural Española de Buenos Aires*. Tomo III, Primera parte.
- Anónimo (1943). Félix Aguilar, *Anales de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 9: 55-59.
- Babini, J. (1939). La medición de un arco de meridiano, *El Litoral*, Santa Fe, Mayo 24.
- _____. (1948). *Historia de la Ciencia Argentina*. México-Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica, 1949.
- _____. (1954). *La evolución del pensamiento científico en la Argentina*. Buenos Aires: La Fragua.
- _____. (1977). La medición del arco. *Todo es Historia*, 166: 30-39
- Bernaola, O. A., (2001). *Enrique Gaviola y el Observatorio Astronómico de Córdoba. Su impacto en el desarrollo de la ciencia argentina*. Buenos Aires: Saber y Tiempo.
- Biedma R., A. (1995). *Génesis de la F. A. A.* [Fuerza Aérea Argentina]. Buenos Aires.
- DSCS = *Diario de Sesiones de la Cámara de Senadores*. Buenos Aires.
- DSCD = *Diario de Sesiones de la Cámara de Diputados*. Buenos Aires.

- Gershanik, S. (1979). El Observatorio Astronómico de La Plata, en *Evolución de las Ciencias en la República Argentina, 1923-1972, VII: Astronomía*. Buenos Aires: Sociedad Científica Argentina, 5-122.
- Halperín Donghi, T. (2003). *La Argentina y la tormenta del mundo, ideas e ideologías entre 1930 y 1945*. Buenos Aires: Siglo Veintiuno.
- Höhler, S. (2002). Profilgewinn. Karten der Atlantischen Expedition (1925-1927) der Notgemeinschaft Deutscher Wissenschaft, *NTM*, 10 (4): 234-246.
- Hurtado de Mendoza, D. y Busala, A., (2002). *Los ideales de universidad "científica" (1931-1959). Elitismo y función social de la ciencia en la Argentina*. Buenos Aires: Eudeba.
- Hyman, Jacques, (2001). Of Gauchos and Gringos: Why Argentina never wanted the bomb, and why the United States thought it did. *Security Studies*, 10, No.3: 153-185.
- Lederer, J. (1921). Sobre las Teorías de Einstein, *Revista de Filosofía*, 6, 14, (6), pp.321-327.
- Mettler, J. (1936). Por qué la proyección Gauss-Krüger conviene al territorio Argentino, *Primera Conferencia Argentina de Coordinación Cartográfica*, Buenos Aires, 91-96.
- _____ (1955). La proyección Gauss-Krüger, *Revista Carto-topográfica Argentina*, 1(4) : 8-12.
- Mindell, D. A. (2002). Between human and machine: feedback, control and computing before Cybernetics. Baltimore: John Hopkins U.P.
- Mouchez, E. (1887). *La photographie astronomique à l'Observatoire de Paris et la carte du ciel*. Paris.
- Ortiz, E. L.; A. Roca y J. M. Sánchez Ron (1989). Ciencia y Técnica en Argentina y España (1941-1949), a través de la correspondencia de Julio Rey Pastor y Esteban Terradas. *Llull, Revista de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas*, 12: 33-150.
- Reichenbach, M. C. von, Hara, M y López D'Urso, M., (2002). Tebaldo Jorge Ricaldoni: ¿Inventor o científico?, *Saber y Tiempo*, 13:93.
- Rey Pastor, J. (1988). Los progresos de España a Hispanoamérica en las ciencias teóricas, en Ortiz, E. L., (ed.), *The Works of Julio Rey Pastor*, I-VIII. Londres: The Humboldt Library, III: 1932-7:1-4,.
- Roca, A., y Sánchez Ron, J. M. (1990). *Esteban Terradas, Ciencia y Técnica en la España contemporánea*. Madrid.
- Rodríguez, R. C., Brunini, C. A., y Christensen, A. H. J. (2002). The National Mapping Act and the status of cartography in the Argentine Republic, en *FIG XXII International Congress*, Washington, Área 13: (1-13).

- Schneider, O. (1980). Geofísica, en *Evolución de las Ciencias en la República Argentina, 1923-1972, VIII: Geofísica y Geodesia*. Buenos Aires: Sociedad Científica Argentina.
- Servicio Hidrográfico Naval, Archivo Técnico, Expediente V-2 63-32, 1936-1941.
- Soule, F. M., (1932). Wissenschaftliche Ergebnisse der Deutschen Meteor Atlantischen Expedition, *J. Geophys. Research*, (37): 260.
- Terradas, E. (1938). Mareas en las costas argentinas, *Revista del Centro de Estudiantes de Ingeniería de La Plata*, 15(62): 347-360.
- _____ (1939a). *Memoria sobre Mareógrafo Fundamental en Madryn (Golfo Nuevo) en la Costa del Chubut*. La Plata: Observatorio Astronómico de La Plata.
- _____ (1939b). *Proyecto de Mareógrafo Fundamental en Madryn, Golfo Nuevo y Mareógrafos coordinados en Pa. Delgada, Pa. Clara, Pa. Pirámides y Pa. Cracker en la costa del Chubut*. La Plata: Observatorio Astronómico de La Plata.
- _____ (1941). Corrientes Marinas, *Revista del Centro de Estudiantes de Ingeniería de La Plata*, 17(73): 180-194.
- Universidad Nacional de La Plata, (1937). *Informe Anual para 1937*. La Plata: Observatorio Astronómico de La Plata.
- Vogler, Ch. (1874). Un tema matemático para la América del Sud, *Anales Científicos Argentinos*, I: 104-112.
- Wagner E. R. y Wagner D. L. (1934). *La Civilización Chaco-Santiagoueña y sus correlaciones con las del Viejo y Nuevo mundo*. Tomo primero. (Traducida por B. Canal Feijóo y M. R. Paz), Buenos Aires.
- Whittaker, E. y Robinson, G. (1932). *The Calculus of Observations, A Treatise on Numerical Mathematics*. Londres (publicado en 1924, revisado en 1926, y reimpresso en 1932).
- Wissenschaftliche Ergebnisse der Deutschen Atlantischen Expedition auf dem Forschungs- und Vermessungsschiff Meteor, 1925-27, (1930)*. Berlín y Leipzig, (varios volúmenes publicados a lo largo de la década de 1930).

Nombres citados

- | | |
|---|---|
| Aguilar, Félix (ing. y astron. arg., 1884-1943) | Baglietto, Eduardo (ing. arg., 1896-1972) |
| Azara, Félix de (cientif. esp., 1746-1821) | Biedma, Baldomero J. de (mil. arg. (1891-) |
| Arnaud, Juan Pablo (ing. arg.) | Birabén, Max (natur. arg., 1893-1977) |
| Babini, José (matem. e histor. arg., 1897-1984) | |

- Birkhoff, George D. (matem. estadoun., 1884-1944)
 Böhner, J (calculista)
 Bush, Vannevar (investig. y dirig. universit. estadoun., 1890-1974)
 Campbell, Juan (ing. arg.)
 Carreaga, (mil. boliv.)
 Cédola, José (ing. arg.)
 Cobos, Norberto B. (ing. arg.)
 Concha, (mil. chil.)
 Damianovich, Horacio E. (quím. arg., 1883-1959)
 Darwin, Charles Robert (nat.. ingl., 1809-1882)
 Devoto, Fortunato J. (sacerd. y astrón. arg., 1872-1941)
 Einstein, Albert (físico al., 1879-1955)
 Escola, Melchor Z. (marino arg., 1875-1945)
 Fabet, Julián (marino arg.)
 Fisher, Ronald A. (estadíst. ingl., 1890-1962)
 Frenguelli, Joaquín (geól. it., 1883-1958)
 Gans, Ricardo (Richard) (físico al., 1880-1954)
 Gaviola, Ramón Enrique (físico arg., 1900-1989)
 Gould, Benjamín (astrón. estadoun., 1824-1896)
 Groussac, Paul (escritor fr., 1848-1929)
 Hartmann, Johannes (astrón. al., 1865-1936)
 Hitler, Adolph (dictador al., 1889-1945)
 Holmberg, Eduardo L. (natur. arg., 1852-1937)
 Houssay, Bernardo A. (fisiól. arg., 1887-1971)
 Hussey, William J. (astrón. estadoun., 1862-1926)
 Lederer, Julio (geodesta)
 Linder, Alois (calculista)
 Maldonado Bruzzone, Rodolfo (arg.)
 Medina, Evergisto A. (ing. agr. arg.)
 Meinesz, Vening (geofísico y geodesta hol., 1887-1966)
 Mettler, Jacobo
 Mouchez, Ernest Barthélémy (marino y astrón.fr., 1821-1892)
 Müller, Juan (técn. mec. arg.)
 Muñoz, (mil. chil.)
 Negri, Heliodoro (ing. arg., 1897-1971)
 Nissen, Juan José (astrón. arg., 1901-1978)
 Núñez, Omar (ing. arg.)
 Padilla, Enrique (ing. arg.)
 Palacios, Alfredo Lorenzo (polít. arg., 1880-1965)
 Paladino, (militar arg.)
 Palavecino, Enrique (antrop. arg., 1900-1966)
 Pantín, Abelardo (marino arg.)
 Perrine, Charles Dillon (astrón. estadoun., 1867-1951)
 Puig, Ignacio (jesuita esp., 1887-1961)
 Rey Pastor, Julio (matem.arg.-esp., 1888-1962)
 Ricaldoni, Teobaldo J. (ing. arg.-urug., 1861-1923)
 Richter, Ronald (físico al., 1909-1992?)
 Rocha, Dardo (polít. arg., 1838-1921)
 Ruíz, Ángel
 Sahade, Jorge (astrón. arg., 1915-)
 Schiaparelli, Giovanni Virginio (astrón. it.,1835-1910)
 Schiller, Walter
 Schulz, Guillermo (Wilhelm) (geodesta al.,1882-1967)
 Soriano, Santos (edafólogo arg.)
 Terradas, Esteban (ing., matem, y físico esp., 1883-1950)

- Tezanos Pinto, Julio de (ing. arg.) Wagner, Duncan L. (arqueól. fr., 1863-
Tezanos Pinto, Mario de (abog. y polít. 1937)
arg.) Wagner, Emilio R. (arqueól. fr., 1868-
Vogler, Christian August (geodesta al., 1949)
1841-) Wilkens, Alexander (astrón. al 1881-
1968.)
Wilkens, Herbert (astrón. al.)