

MAPAS SIN CERO. LA MEDICIÓN DEL *DATUM* ALTIMÉTRICO EN LA ARGENTINA

Malena Mazzitelli Mastricchio *

RESUMEN

La medición de las alturas por diferentes métodos topográficos –barométrico, trigonométrico o geométrico– es de larga data. Empero, la posibilidad de incluir ese dato altimétrico en los mapas fue un proceso más lento y requirió del despliegue de diferentes estrategias que incluyeron las posibilidades técnicas de la época. En este sentido, el trabajo pretende dar cuenta de las diferentes maneras que encontraron los topógrafos para representar el volumen del terreno en los mapas.

Por otro lado, para que las medidas fueran comparables entre sí, fue necesario seleccionar un cero altimétrico o *datum* de referencia para las mediciones. En este contexto, la definición de este *datum* para la cartografía de la Argentina formó parte –silenciosa– de un proyecto cartográfico mayor que involucró diferentes controversias, de modo que no fue tarea sencilla y hubo que esperar casi medio siglo para que pudiera concretarse.

PALABRAS CLAVE: CARTOGRAFÍA — REPRESENTACIÓN DEL RELIEVE — ALTURA —
DATUM ALTIMÉTRICO — ARGENTINA

INTRODUCCIÓN

En 2015 el diario *La Nación* publicó un artículo que se preguntaba si el Everest era o no la montaña más alta del mundo, para lo que se responde: “Sí y no, todo depende cuál sea el punto desde el que se la mide” (BBC Mundo, 2015). Esta respuesta que actualmente llama nuestra atención

* UNLA / UADER. Correo electrónico: <malenamastrichio@gmail.com>.

—debido a que raramente nos cuestionamos sobre la altura de las montañas— a fines del siglo XIX y principios del XX era muy común. Esto se debe a que en esa época la medición y su homogeneización estaban en la agenda de cualquier geógrafo o topógrafo. La preocupación por unificar la medida de la altura no solo era indispensable para los trabajos de infraestructura, sino que instituciones como la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología (DGMGH) veían con preocupación la falta de un dato altimétrico confiable porque les dificultaba su trabajo científico.

Las tareas de conocer y transmitir la información acerca del relieve y las alturas relativas dentro del territorio tienen dos aspectos: la medición *in situ* y el volcado gráfico de los datos obtenidos en los mapas.

En cartografía existen distintas maneras para determinar las alturas, sin embargo todos los métodos utilizados necesitan partir de un cero de referencia o *datum* altimétrico.

Uno de los métodos más antiguos de medición es el *barométrico*, que consiste en determinar la diferencia de altura entre dos puntos a partir de la medición simultánea de la presión atmosférica sobre cada uno de los puntos seleccionados. La diferencia de valor entre ambos puntos corresponde a la diferencia de altura. El método *trigonométrico*, en cambio, determina la diferencia de altura a partir de medir el ángulo vertical que se establece desde una estación trigonométrica donde se coloca el teodolito y el punto a medir. Se apoya en los principios básicos de la trigonometría, es decir, se calcula a partir de la medición de ángulos y distancias de un triángulo. Otra manera de determinar la altura es a partir del método *geométrico*, que implica utilizar un instrumento de medición finamente nivelado y dos miras que son una especie de reglas que se colocan en forma vertical por delante y por detrás del instrumento. Con el instrumento, el operador establece una visual horizontal hacia la mira que está por adelante y por atrás de aquel. Luego, para que la medición tenga mayor precisión, la mira trasera cambia su posición —hacia adelante del instrumento— y se repite la medición. En todos los casos es importante partir de un mismo cero altimétrico si se quiere sobre todo comparar los valores entre sí.

En cuanto a la representación del volumen del relieve, la cartografía, a lo largo de la historia, ha hecho uso de distintas estrategias gráficas para representarlo —sombreado por normales o por sombra, sombreado plástico, etc.— y muchas de ellas estuvieron ligadas a la técnica de impresión de los mapas. La incorporación del valor de la altura al mapa —obtenida por los métodos antes descritos— ha sido un factor clave para repensar

las modalidades gráficas de representación del terreno. Para que el dato de la altura pueda figurar en los mapas se tuvieron que dar simultáneamente dos cuestiones: la estrategia visual con la cual se representa la altura y que dicha estrategia no dificulte la impresión. En otras palabras, los topógrafos, los cartógrafos y los impresores vienen ensayando diversas respuestas para interrogantes que son básicos y cruciales al mismo tiempo: ¿cómo medir alturas?, ¿cómo graficar los datos altimétricos en el mapa?

Para G. R. Crone, el cambio decisivo en la representación del relieve se dio cuando “en vez de dibujar las cadenas de colinas o montañas como accidentes separados y aislados, se pasó a configurar la superficie como un todo integrado” (2000: 188), por eso dejamos de lado las representaciones más antiguas donde el terreno se representaba a partir de montículos de topo. También ignoraremos las vistas a vuelo de pájaro para concentrarnos en las representaciones más cenitales del relieve.^[1] Aproximadamente desde el siglo XVIII la cartografía se valió de técnicas cada vez más cenitales para la representación del terreno.^[2] Para Bachelard, “desde lo alto, el filósofo de la dominación miniaturiza el universo. Todo es pequeño porque él está en lo alto. Es alto por lo tanto es grande. La altura de su albergue es una prueba de su propia grandeza” (2005: 210).

En este trabajo pretendemos historizar, por un lado, la elección del *datum* altimétrico que seleccionó la Argentina para la cartografía oficial y, por el otro, analizar cómo fue el proceso por el cual los mapas comenzaron a incluir el dato medido cuantitativamente del relieve. Para esto veremos en primer lugar las formas de medir utilizadas para las alturas y su relación con los mapas realizados durante las décadas finales del siglo XIX. En segundo lugar, repasaremos las variaciones en la construcción de imágenes de relieve, entre las proyecciones verticales y los perfiles. Por último, presentaremos parte del proceso que culminó en la fijación del cero altimétrico argentino en el mareógrafo de Mar del Plata.

[1] En el siglo XVI el relieve no siempre era pensado y relacionado con la altura, incluso en muchos casos se lo asociaba al monte o al desierto (Vega, 2014).

[2] La vista en altura ha sido tratada por diferentes autores: por ejemplo, Alpers lo hizo para analizar las decisiones de los pintores holandeses para contemplar el paisaje en el siglo XVII (Alpers, 1987). Asimismo, Marta Penhos sostiene que al menos desde el siglo XVI el punto de vista alto hizo posible una visión abarcadora y detallada del territorio, y hace un análisis muy interesante al comparar la labor de los topógrafos y la de los pintores (Penhos, 2009).

MEDIR SIN GRAFICAR: LA ALTURA “INVISIBLE” EN EL MAPA

El *método barométrico*^[3] parece ser el más antiguo de todos los procedimientos empleados para la determinación de la altura,^[4] y se basa en la medición de la presión atmosférica de un lugar: cuanto mayor es la altura, menor la presión del aire. No obstante, ¿cómo era la práctica de medir alturas a partir de este método? En *Tablas meteorológicas y altimétricas*, Gajardo Reyes explica que este método se debía realizar de la siguiente forma:

La presión atmosférica disminuye rápidamente cuando se va hacia arriba. Por consiguiente, para estudiar la distribución de la presión sobre una cierta área, es preciso, pues eliminar la influencia de la altitud, y reproducir las observaciones en un mismo nivel.

Ordinariamente se toma para este nivel el del mar, o de altitud nula, y la *reducción de la presión al nivel del mar* consiste así en calcular *que presión debería indicar un barómetro que, en lugar de estar a la altitud de la estación, se encontrara en el mismo momento sobre la misma vertical, pero al nivel del mar*. Esta reducción se hace generalmente por medio de fórmulas largas y complicadas, que expresan la ley de variación de la presión con la altura de una atmósfera en equilibrio (Gajardo Reyes, 1919: 392).

Es decir, se debía comenzar a medir desde un lugar con poca altura y desde allí ir calculando la diferencia de presión para ir deduciendo la cota. Un lugar con poca altitud es, según Gallardo Reyes, la costa del mar. Inducimos que de manera implícita se acordaba comenzar la medición en una zona de poca altura, generalmente el nivel del mar.

Utilizado por Humboldt^[5] en su viaje por Nueva Granada (Arboleda Aparicio, 2000), el método barométrico fue rápidamente adoptado por diferentes viajeros y naturalistas que recorrieron y relevaron distintos terri-

[3] Fue el francés Blaise Pascal (1623-1662) quien observó que había una diferencia en la presión atmosférica a medida que aumentaba la altura, cuando subió un barómetro a la cima del Puy-de-Dôme, en el Macizo Central francés. Sin embargo, fue el físico inglés Christopher Packe (1686-1749) el que aplicó por primera vez el método para la cartografía y lo hizo tomando como *datum* –o cero de partida– las alturas medidas del Canal de la Mancha.

[4] Según Crone, el primer mapa británico que incluía alturas tomadas con este método es el *physicochorographical* de Kent, realizado por Christopher Packer en 1743. Y agrega que “las alturas de lugares con frecuencia se utilizaban antes de fines del siglo XVIII, por ejemplo en el *Atlas de la Suisse*, de Mayer, 1796-1802” (2000: 191).

[5] Existe una discusión sobre a quién se le atribuye el original método de hipsometría para el cálculo de las alturas entre Humboldt y Caldas. Véase Arboleda Aparicio (2000).

torios. Uno de estos viajeros que recorrió y relevó la Argentina fue Martín de Moussy (1810-1869), que publicó un compendio de tres tomos titulados *Descripción geográfica y estadística de la Confederación Argentina*^[6] y el *Atlas de la Confederación Argentina*. En los mapas que forman parte del *Atlas*, el relieve aparece representado solamente con la existencia de cordones montañosos; significa que no están graficados los valores cuantitativos de las alturas. Ni siquiera figura el dato puntual, es decir, cotas con valores altimétricos aislados de los cerros más importantes. A pesar de esta ausencia de valores concretos en el mapa, De Moussy dejó asentado en los informes las alturas de diferentes puntos del territorio. La manera que elige el autor para representarlas es en forma de cuadro junto a las coordenadas geográficas del sitio relevado, y aclara que las alturas fueron calculadas con barómetro a partir de observaciones propias (De Moussy, 2005: 145). En este caso la información espacial que ofrece De Moussy con la coordenada es fundamental para ubicar la altura en el terreno del mapa. Esto implica que para ubicar la altura en el mapa es necesario usar el libro; en este sentido, mapa y libro son inseparables.

Otro ejemplo es el mapa que realizó el teniente coronel Manuel Olascoaga^[7] mientras estaba a cargo de la Oficina Topográfica Militar (OTM)^[8] y que acompaña el *Informe topográfico de la Campaña del Desierto* (figura 1).^[9] La estrategia gráfica que eligió Olascoaga tampoco permite incorporar los valores concretos de las alturas en el mapa. A pesar de que en su informe no menciona que haya realizado mediciones de las alturas con algunos de los métodos topográficos, sí ha manifestado cierto interés por el relieve y por las formas de representarlo:

Se deduce un hecho que creo nuevo, respecto a la estimación que hasta hoy teníamos del sistema orográfico del sud de esta Provincia, a saber: el cordón de la sierra en cuyo extremo occidental se halla Carhué, [...] es la más

[6] El primero de los tomos se publicó en París en 1860, mientras que el segundo y el tercero fueron publicados en 1864 también en la ciudad de París y en francés.

[7] Manuel Olascoaga (1836-1911) fue militar, topógrafo y político. Completó sus estudios en el colegio porteño Alberto Larroque. Fue el primer gobernador del Territorio Nacional del Neuquén y fundador de la ciudad de Chos Malal, primera capital de la provincia.

[8] La OTM fue creada por decreto el 5 de diciembre de 1879 y tenía como primer jefe al teniente coronel Manuel J. Olascoaga, y como segundo jefe al sargento mayor ingeniero Jordán Wysocki (IGM, 1951).

[9] La "Campaña del Desierto" fue el avance militar al mando del general Julio Argentino Roca, desplegado por el Estado argentino para incluir bajo su dominio los territorios patagónicos que estaban bajo dominio indígena.

Figura 1. Mapa publicado por Olascoaga



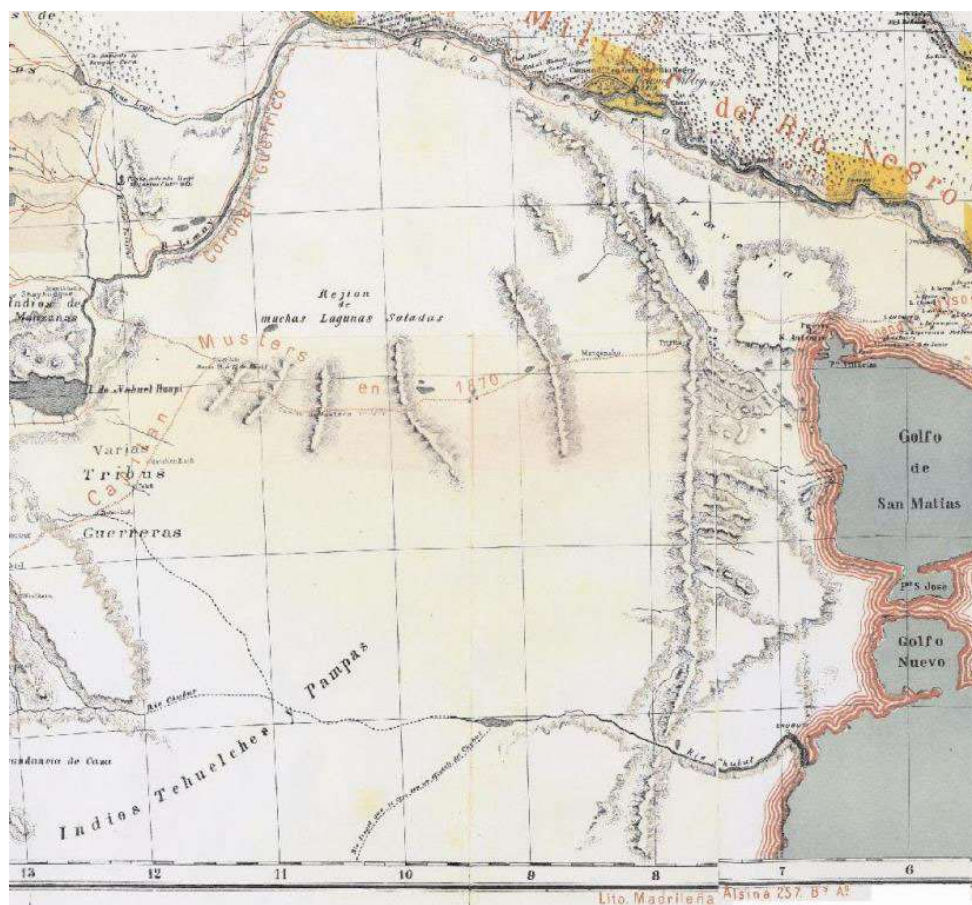
Fuente: Olascoaga (1879).

grande altura en toda esta parte del país desde Bahía Blanca hasta Buenos Aires, y superior con mucho y del Volcán que hasta ahora se había considerado más elevado. Lo prueba evidentemente el declive constante y de extraordinaria prolongación que parte de aquella sierra y llega hasta el Salado, que a su vez parece ser la más profunda hoya de toda la zona de la Pampa, desde los Andes al Atlántico. Los declives que parten de la sierra de Tandil y Volcán, tienden al oriente según puede verse por el curso de los ríos, lo que importa todavía la superioridad del nivel occidental que viene de Chos-Malal (Olascoaga, 1879: 42).

La manera elegida por Olascoaga (figura 2) para representar el relieve se acerca al denominado método de *normales de sombra*. Este método considera el terreno iluminado con una luz oblicua^[10] y se dibujan trazos con un grosor en función de la luz recibida. Se crea así un efecto claroscuro a partir del cual se perciben los volúmenes del terreno. La variación de grosores se utiliza para hacer claroscuros necesarios para ofrecer una impresión

[10] Saule-Sorbé (2004) encuentra que esta manera de iluminar desde la izquierda es tradicional en la pintura de interiores del siglo XVII.

Figura 2. Detalle del mapa de Olascoaga



Fuente: Olascoaga (1879).

visual de la tercera dimensión. La iluminación se produce desde la esquina superior izquierda –noroeste– de la hoja, por lo tanto las superficies orientadas al suroeste serán las más oscuras. Este método también es conocido como “la oruga” o “rama de pino”.

El método de normales de sombra tuvo una importante aceptación en la cartografía argentina. Por ejemplo, el mapa que realizó Arthur von Seelstrang (figura 3) en 1875, que formó parte del libro *República Argentina* de Ricardo Napp^[11] para representar a la Argentina en la exposición de

[11] Ricardo Napp nació en Alemania y llegó a Buenos Aires en 1874, donde trabajó como periodista. Editó *La Plata Monatschrift* (1874-1875), fue director de *La Revista Alemana* (1876) y *El Economista* (1877) y entre 1876 y 1880 se desempeñó como director de la Oficina de Estadística Comercial que desde 1873 funcionaba dentro de la Dirección General de Rentas del Ministerio de Hacienda (Cutolo, 1978).

Figura 3. Mapa de Von Seelstrang



Nota: En el detalle se observa el terreno alto representado con orugas.
Fuente: Von Seelstrang y Tourmente (1875).

Filadelfia,^[12] adoptó el mismo método de representación;^[13] de hecho, por la manera de graficar podemos suponer que Olascoaga usó como base el mapa de Von Seelstrang para representar el relieve del centro de la provincia de Buenos Aires.^[14]

Otro método de relevamiento es el denominado *nivelación trigonométrica*, y consiste en obtener la diferencia de altura entre dos puntos a partir de los elementos usados en trigonometría, es decir, ángulos y distancias de un triángulo. Uno de los instrumentos utilizados es el *nivel taquímetro*, un goniómetro cuya ventaja radica en que permite realizar simultáneamente dos partes de un levantamiento topográfico: la altimetría y la planimetría. Esto se debe a que el nivel taquímetro permite medir ángulos y alturas simultáneamente. Trabajos de relevamiento a partir del método de triangulación con precisión geodésica son aquellos a los que aspiraba el Instituto Geográfico Militar (IGM), que propulsó desde sus comienzos para realizar la cartografía de la Argentina.

A pesar de estas aspiraciones, en 1906 el IGM publicó el *Atlas de la Gobernación del Neuquén*, donde el relieve está representado a partir del método de sombreado plástico y no hace referencia a la altura expresada en valores numéricos en ninguna de las láminas que conforman el *Atlas* (IGM, 1906). El método de representación del relieve a partir del sombreado plástico es posible gracias a los avances de la litografía y se puede realizar desde diferentes técnicas: acuarela, pastel, lápiz blando o con polvo de grafito. La reproducción de estos mapas se realizaba a partir del método de fotograbado directo.^[15]

El método de sombreado plástico es habitualmente reconocido por la cartografía porque permite que una persona de “mediana cultura” (Ñaupas Paitán y Manrique Peralta, 1983: 20) comprenda y reconozca el relieve; tal vez esto sea posible debido a que los mapas realizados a partir del sombreado plástico se asemejan a las fotografías (Strahler y Strahler, 1994).

Este documento cartográfico del IGM está compuesto por un mapa general del Territorio Nacional del Neuquén y doce mapas con mayor detalle

[12] Navarro Floria y Mc Caskill (2004) aseguran que este mapa fue el primero realizado por una repartición pública que incluye a la Patagonia como parte del Estado nacional.

[13] Otra institución que hizo uso del método de normales por sombra fue el Instituto Geográfico Argentino para representar el relieve en las láminas que conforman el *Atlas* que se publicó en 1882 (véase figura 4).

[14] Existe otro mapa que puede haber sido fuente de información para Olascoaga. Nos referimos al mapa del sargento mayor Melchert de 1875, el cual no incluimos en este trabajo porque no tiene representado el relieve de la provincia de Buenos Aires al que nos referimos. Véase Lois (2014).

[15] Sobre la técnica de fotograbado directo, véase Cuevas Martín (2007).

(escala 1:250.000) solo de la región occidental del territorio neuquino.^[16] Todas las láminas tienen un tamaño de 54 cm x 40 cm en formato papel. El *Atlas* tiene una leyenda en la que se explica por qué no se cartografió todo el territorio de la misma manera: “la región más documentada es la del oeste así como la del sudeste hasta Roca, pero en el resto existen puntos de ubicación dudosa, como sucede en todas las regiones de la República que carecen de red trigonométrica. Esta es la razón por la cual se dan a la publicidad solo las hojas de la parte occidental, debiéndose agregar las otras a medida que los trabajos topográficos lo permitan” (IGM, 1906: 1).

Es decir, solo se relevaron las regiones que contaban con red trigonométrica, cuyos valores eran considerados más precisos por el método trigonométrico utilizado. Asimismo, la cita deja ver cuán difícil era graficar el dato cuantitativo en el mapa, ya que ni siquiera en las pocas zonas donde se contaba con red trigonométrica se podía incluir el dato altimétrico, en primer lugar, porque la técnica de impresión no facilitaba la tarea y, en segundo lugar, como veremos más adelante, porque para la medición geodésica de la altitud hubo que esperar muchos años más.

MAPAS Y PERFILES

El interés por saber el dato altimétrico había sido una preocupación constante de topógrafos y cartógrafos, aunque su inclusión en el mapa fue variando según las técnicas de representación. ¿Cuál fue la estrategia para incorporar las alturas en los mapas? Una de ellas es la inclusión del valor a partir de los puntos acotados, es decir, poner el valor de los cerros medidos de manera puntual. Si bien esto permitía aportar información altimétrica precisa, no permitía realizar una lectura del volumen de modo inmediato. Para solucionar este inconveniente se usó la combinación de métodos de representación.

Un ejemplo que incorporó este método de inscripción de valores altimétricos es el mapa del Distrito Minero de San Rafael de la provincia de Mendoza, que realizó la Sección del Departamento de Minas y Geología. En el mapa no figura la fecha de elaboración, sin embargo, podemos suponer que se hizo entre 1885 y 1887, ya que en 1885 se creó en el Departamento de Obras Públicas la Sección de Minas, que en 1887 pasó a ser Departamento

[16] Recordemos que la provincia de Neuquén comenzó a ser cartografiada como parte del Plan de la Carta en la década de 1930 y se completó en la década de 1950. Sobre la historia de la cobertura topográfica de la Argentina, véase Mazzitelli Masticchio, Lois y Grimoldi (2015).

Nacional de Minas y Geología, dependiente del Ministerio de Hacienda, bajo la dirección de Henry D. Hoskold.^[17] En el mapa, el relieve se representa con sombreado plástico y contiene en color rojo manuscrito la altura de algunos cerros que forman una especie de plano acotado. Si bien este plano representa el valor altimétrico de puntos aislados y no permite obtener a simple vista el volumen del terreno, la combinación entre el sombreado plástico y el plano acotado es una estrategia visual que permite lograr una visión en tres dimensiones con los valores de las alturas cuantitativas.

Otra estrategia para representar las formas y las alturas del terreno consistió en incluir perfiles topográficos. En rigor, con el perfil, el dato cuantitativo no está representado sobre la silueta territorial que representa el mapa, pero la inclusión de los perfiles fue sumamente eficaz para darle volumen al terreno y para provocar una sensación tridimensional en la mirada del observador.

Los ejemplos abundan. Uno de ellos es el mapa realizado por Woodbine Parish (1796-1882) en la segunda edición de la obra *Buenos Ayres and the Provinces of the Río de la Plata*.^[18] El mapa fue realizado por el cartógrafo John Arrowsmith y dibujado por August Peterman (figura 4), dos prestigiosos cartógrafos de la época. Este mapa contiene –debajo de las escalas– un perfil que va desde Buenos Aires hasta Santiago de Chile.

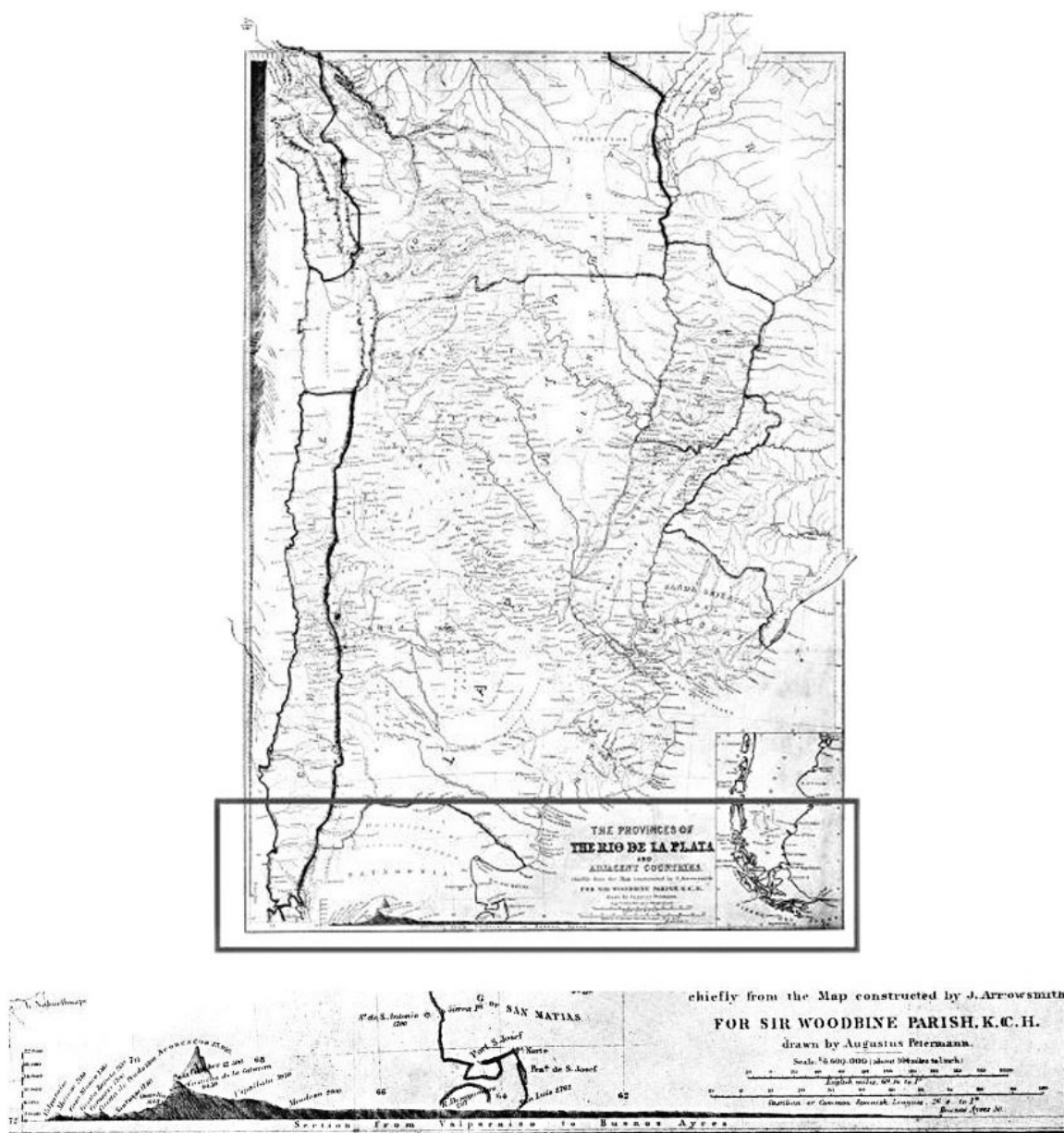
El uso de perfiles y su incorporación en los mapas se mantuvo incluso entrado el siglo xx, cuando la cartografía nacional ya estaba en proceso de institucionalización y los trabajos geográficos y cartográficos *amateurs* empezaban a ser reemplazados por producciones de profesionales que comenzaban a copar las oficinas públicas.^[19]

[17] Henry D. Hoskold (1829-1904) era de origen inglés. Tuvo una gran participación en las sociedades científicas de la época. En su país participó del Instituto de Ingenieros Mineros, Civiles y Mecánicos del norte de Inglaterra, en la Sociedad Real de Geografía, en la de Geología, en la de Paleontología y en la Sociedad de Ciencias, Arte y Manufacturas de Londres. También fue miembro del Instituto de Ingenieros de Minas de América del Norte. En nuestro país fue el director general del Departamento Nacional de Minas y Geología e inspector general de Minas de la Argentina entre 1887 y 1904. Representó al país en las exposiciones internacionales de 1889 en París y en 1893 en Chicago (SEGEMAR, 2004).

[18] La segunda edición se publicó con el título traducido al castellano (Parish, 1958). La primera edición no contó con cartografía.

[19] En el libro *Los saberes de Estado*, Mariano Plotkin y Eduardo Zimmermann afirman que “los estados necesitaron el conocimiento proporcionado por las nacientes ciencias sociales modernas y otros saberes técnicos, de la misma manera que estos necesitaban del Estado en su proceso de consolidación e institucionalización” (Plotkin y Zimmermann, 2012: 10). En la geografía y en la cartografía también se dio esta relación entre Estado y saber; de hecho, a fines del siglo xix fueron escritas distintas geografías por personalidades

Figura 4. Mapa de Parish



Nota: En el detalle se observa la representación del perfil del terreno.

Fuente: Parish (1958).

■ que tenían afinidad con la disciplina. Sin embargo, en 1905 todas esas obras fueron reemplazadas por el trabajo de Carlos Urien, quien ganó el concurso propuesto por el Ministerio de Educación de la Nación luego de haber quedado vacante en cuatro oportunidades. Urien plantea una nueva geografía que claramente está en sintonía con las discusiones geográficas de la época (Mazzitelli Masticchio, 2015).

Al mismo tiempo, por esta época los saberes y las prácticas cartográficas comenzaban a ser objeto de un fuerte proceso de normalización internacional, que tendía a establecer métodos y patrones gráficos estándares para la producción de hojas topográficas, que debían ser adoptados por las oficinas cartográficas de los países que adherían al Proyecto del Mapa del Mundo al Millonésimo.

En 1904 se crearon la División de Minas, Geología e Hidrología (DMGH)^[20] y el IGM.^[21] Ambas instituciones estaban encargadas de relevar el territorio nacional. Sin embargo, por esta fecha la representación del relieve de estas instituciones no contaba con el dato cuantitativo en el mapa.

Por ejemplo, en el mapa de 1904 que realizó la DMGH en la provincia de San Juan, “Relevamiento de la Región Carbonífera de Carpintería, Retamito y Adyacencias” (DMGH, 1904), el terreno está representado con una mezcla entre el sistema de oruga y el sombreado plástico. El mapa es un manuscrito de 98 cm x 85 cm firmado por Enrique Allchurech, M. E., y viene acompañado con perfiles. Estos perfiles miden la altura al cero del Riachuelo. Sin embargo, ¿cómo comenzaba la medición? Para construir la red ferroviaria argentina, que para 1890 tenía 9.432 km de extensión y en

[20] Un primer antecedente de la Dirección puede encontrarse en 1886, cuando en el Departamento de Obras Públicas se creó la Sección de Minas. A partir de esta creación, el lugar que se le dedicó a la cuestión minera y geológica nacional se fue incrementando: en solo un año la Sección pasó a ser el Departamento Nacional de Minas y Geología dependiente del Ministerio de Hacienda, su director era Henry D. Hoskold. En 1898, como consecuencia de otra reestructuración administrativa, el Departamento pasó a ser División de Minas y Geología, dependiente del Ministerio de Agricultura. En esta División se creó la Comisión de Estudios de Agua y Yacimientos Carboníferos, bajo la dirección del ingeniero Enrique Hermitte (1871-1955). En 1904, la Comisión se fusionó con la División y pasó a llamarse División de Minas, Geología e Hidrología, y ante el fallecimiento de Hoskold, el ingeniero Hermitte pasó a ser su director. En 1912 se convirtió en Dirección Nacional. Todos estos antecedentes institucionales son recuperados hoy por el Servicio Geológico Minero Argentino que los hace parte de su pasado. Sobre la historia de la Dirección, véanse SEGEMAR (2004) y Camacho (2008).

[21] El IGM ubica su fecha de inicio en 1879, año en que se creó la Oficina Topográfica Militar (OTM) a cargo de Manuel Olascoaga. Sin embargo, aquí nos inclinamos por afirmar que el IGM como tal (con las atribuciones que va a mantener y fortalecer a lo largo del siglo xx) se formó en 1904, cuando amplió sus objetivos y modificó el perfil de sus tareas: mientras que los objetivos de la campañas que realizaba la OTM eran militares (ocupación del territorio, trazado de caminos y fortines etc.) y la producción cartográfica era un producto más entre varios otros, desde 1904 el único objetivo de las campañas desarrolladas por el IGM fue la realización del mapa topográfico (Lois, 2004). Además, desde 1904, para poder cumplir con estos nuevos objetivos, el IGM habilitó un ingreso extraordinario de técnicos capaces de relevar y de llevar a cabo la tarea cartográfica.

1910 alcanzaba los 27.994 km, se realizaron nivelaciones para ubicar las vías en cotas lo suficientemente altas como para evitar las inundaciones. Para ello, se tomó como referencia el nivel medio de las aguas del Riachuelo. De esta manera los topógrafos medían las alturas de los cerros a partir de un dato conocido: sabían que la vía del ferrocarril más cercano tenía el valor de la altura conocido y confiable. De este modo, Allchurech tomó como referencia las alturas de las vías del Ferrocarril Gran Oeste Argentina como punto de arranque para comenzar la medición (véanse mapa y perfil en la figura 5) y luego calculó la diferencia con la altura al cero ubicado en Buenos Aires.

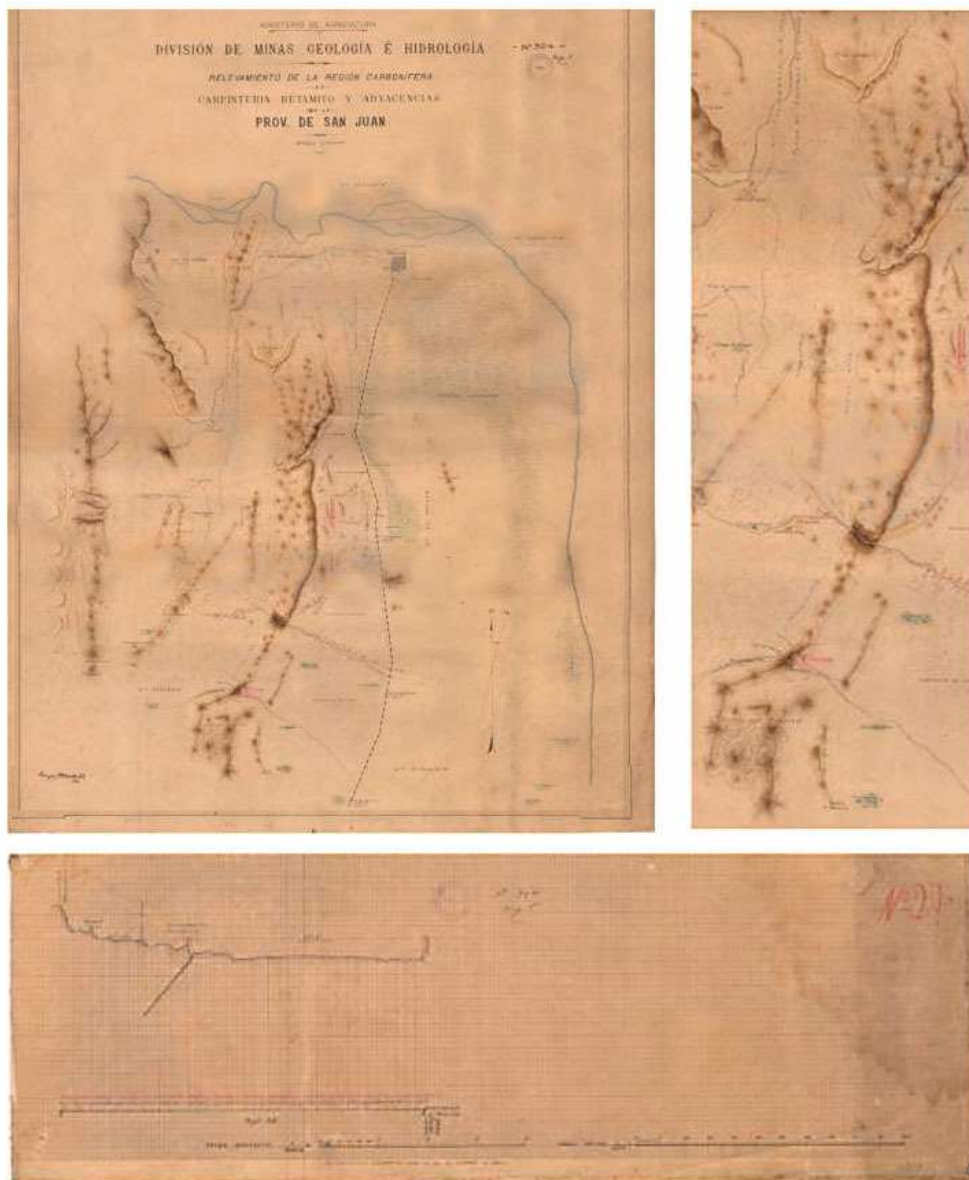
El topógrafo Allchurech dejó trazado sobre el mapa el recorrido de los perfiles, lo cual permitía al lector ubicar el perfil en el mapa y ver el volumen del terreno en ese sector (figura 5).

Para los cartógrafos, el método de representación que permite dar sensación de volumen e incorporar al mismo tiempo el dato altimétrico –el valor de la altura– son las curvas de nivel, líneas que unen puntos de igual altura. Las curvas se inventaron para medir profundidades en el agua. Efectivamente, en las primeras mediciones de profundidades se graficaban en los mapas solo los valores puntuales, es decir, a ningún cartógrafo se le ocurrió unir los puntos con iguales valores. Para ello hubo que esperar hasta 1702, cuando apareció el mapa del Atlántico que realizó el astrónomo Edmund Halley (1656-1742). Luego, en 1729, el ingeniero holandés Nicholas Samuel Cruquius (1678-1754) elaboró otro mapa de profundidades del río Merweder –un afluente del río Rin–. Philippe Buache (1700-1773) usó este método en 1737 para medir las profundidades del canal de la Mancha.

Pasaron muchas décadas antes de que se usaran las curvas de nivel como método para la representación del relieve terrestre. Esto se debe a que medir las profundidades del agua con sonda y cuerda es un método relativamente fácil para obtener la información, sobre todo en zonas con poca profundidad. Además, la superficie del agua –aunque variable– constituye un *datum* natural donde referir la medición. Recién en 1791 el método fue usado para representar grandes regiones en el mapa de Francia dibujado por Dupain-Triel. Las curvas de nivel tenían una equidistancia –distancia entre línea y línea– de 18 metros y, en realidad, eran curvas hipotéticas, ya que no se había hecho una nivelación general del país. El mapa contenía, además, “una sección vertical de un lado a otro de Francia” (Crone, 2000: 191), lo que reafirma la pervivencia de la inclusión de perfiles en los mapas.

A pesar de que actualmente estas líneas son consideradas la manera más apropiada para representar las formas del relieve, en realidad es el método

Figura 5. Mapa de la División de Minas, Geología e Hidrología



Nota: En los detalles se observa la representación del volumen del terreno (a la derecha) y del perfil (abajo).
Fuente: DMGH (1904).

que más nivel de abstracción contiene. En primer lugar, porque —como afirma Raisz— “estamos habituados a ver montañas desde abajo y nos resulta extraña su vista vertical desde arriba” (1959: 125), y las curvas de nivel son una vista cenital de la montaña que el topógrafo corta en planos para luego dibujarles solo el contorno —línea—. Por otro lado, el método supone un ojo entrenado que pueda decodificar el código que encierra: cuando las líneas

de nivel están más juntas entre sí suponen un terreno escarpado, mientras que si hay una mayor distancia entre ellas supone un terreno llano. Otra ventaja del método de representación de curvas de nivel es que no empastan gráficamente el mapa y facilitan la visualización de la información planimétrica.

En el siglo XIX, la inscripción de las curvas de nivel quedó limitada a las hojas originales de los mapas militares. Con la difusión de las técnicas litográficas, el Servicio Militar de Inglaterra confeccionó un mapa con curvas de nivel, que en las primeras tiradas aparecían en blanco y negro, pero luego fueron impresas en colores; en 1878, el Servicio Geológico de Estados Unidos adoptó este método para la representación del relieve en las hojas topográficas.

UN SOLO CERO: LA NECESIDAD DE ACORDAR EL DATUM ALTIMÉTRICO

La necesidad de unificar un cero único para las alturas era una discusión que se daba a nivel internacional y en el seno de las más prestigiosas instituciones científicas del siglo XIX. En la primera conferencia de 1864 realizada por la Asociación Internacional para la Medición de la Tierra, se acordó recomendar a los países participantes de la Asociación adherir a una nivelación geométrica “para unir los niveles medios de los mares en las costas europeas” (Coliva, 1912: 66). En la misma época, la Comisión Geodésica Internacional también discutía si era útil y práctico establecer un cero único y común para todos los países o si cada Estado debía tener su propio *datum* altimétrico. Esta discusión llevó varios años hasta que en 1883 la Asociación Internacional para la Medición de la Tierra acordó recomendar a los países que realizaran las mediciones en los mares que rodean su territorio. Por entonces, los mareógrafos contaban con gran confiabilidad científica. En este sentido, Coliva refería la afirmación que había hecho el prestigioso geodesta alemán Friedrich Robert Helmert en la conferencia de 1900 en París, que indicaba: “a grandes distancias nivela mejor el mar, por lo menos actualmente, que el mejor instrumento, en manos del más hábil ingeniero” (Coliva, 1912: 66).

El primer mareógrafo se colocó en 1867 en el puerto de Sidney; en 1869, la Comisión Austríaca del Adriático instaló el segundo. Lo cierto es que en la primera década del siglo XX los países que contaban con mareógrafos en el mundo eran varios y no se reducían solo a casos europeos. La

República de Chile, por ejemplo, instaló el primero en 1907, y hacia 1912 contaba con tres mareógrafos y tres medimareómetros (Coliva, 1912).

La primera unificación de las mediciones que hizo la Argentina se produjo en 1899 al cero único del Riachuelo para todas las mediciones altimétricas. Ese año quedó establecido que el cero del mareógrafo del Riachuelo sería el punto de referencia de la altimetría del país. Desde allí se realizaban las diversas mediciones altimétricas, por ejemplo, las utilizadas para los ferrocarriles, las alturas de las estaciones y para los mapas. Existió un libro llamado *Distancias kilométricas. Alturas sobre el cero del mareógrafo del Riachuelo de las estaciones del ferrocarril*, publicado en 1910 por el Ministerio de Obras Públicas. Esta obra, de la que se editaron 2 mil ejemplares, contenía la información repartida en forma de cuadro con cinco columnas: en la primera se dejaba constancia del nombre de las estaciones; la segunda y tercera columna estaban destinadas a los kilómetros entre estación y estación y la distancia acumulada desde Buenos Aires; en la cuarta columna se anotaban las alturas sobre el mareógrafo del Riachuelo; y en la última columna del cuadro se incluían las observaciones. A final del libro se mantiene la estructura del cuadro pero sin datos, es decir, está en blanco para ser llenado con mediciones futuras, lo que parece demostrar una red ferroviaria en extensión, y transforma al libro en un documento de trabajo “abierto”, disponible para seguir agregando información.

En la Argentina, el organismo encargado de la instalación de los mareógrafos fue el Ministerio de Obras Públicas, que los había colocado en distintos lugares: el puerto de Mar del Plata, la desembocadura del río Quequén Grande, el puerto militar de Bahía Blanca, el puerto de Comodoro Rivadavia y Puerto Deseado en Santa Cruz.

Estos mareógrafos registraban mareas durante 24 horas y su instalación tenía el objetivo de reconocer el régimen de las aguas. La información que el Ministerio obtenía de ellos era: el dato de bajamar, el de pleamar, el nivel medio y la unidad de altura, y el establecimiento del puerto (Coliva, 1912: 68). No obstante ello, su medición no alcanzaba para los trabajos cartográficos con precisión geodésica, requisito que para la primera década del siglo xx comenzaba a ser fundamental para realizar la cartografía nacional.

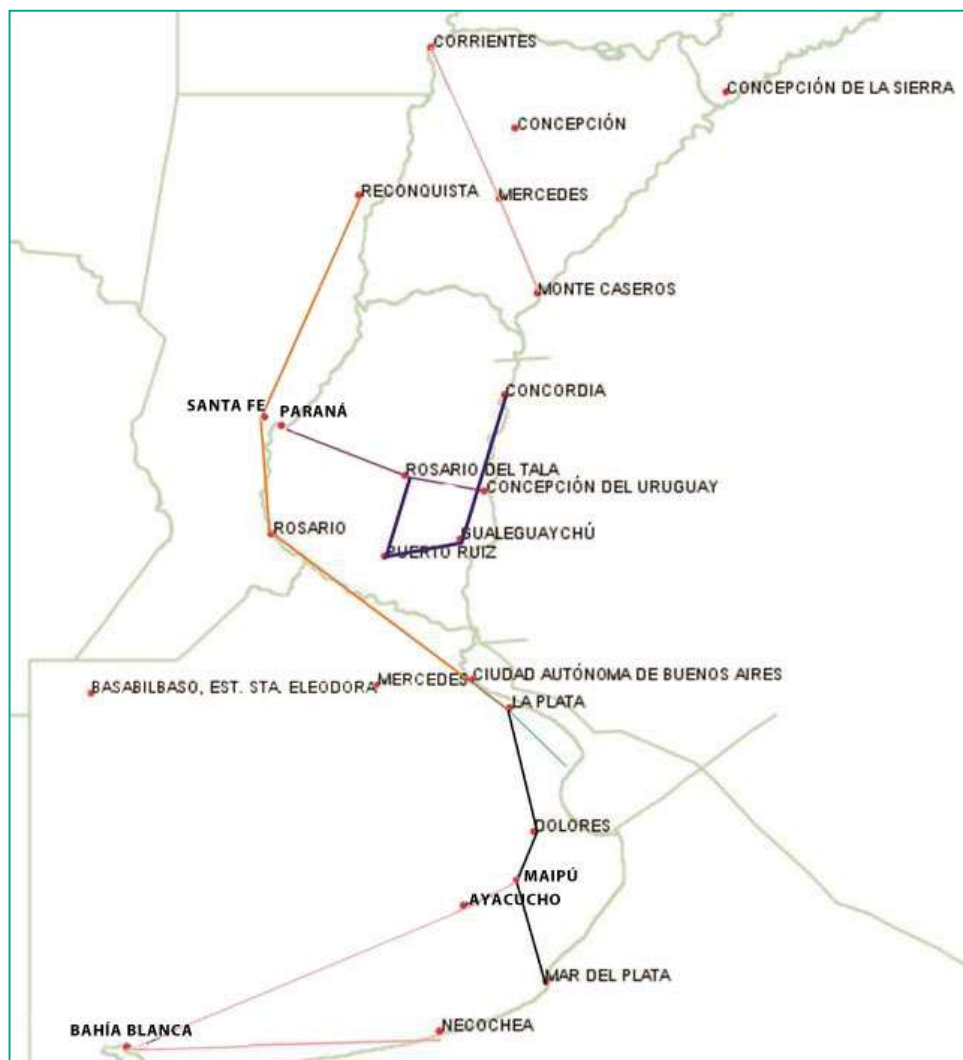
Desde la presentación del Plan de la Carta en 1912, el IGM tenía por objetivo realizar como parte fundamental para la construcción de la cartografía nacional una “red de puntos fijos, tanto planimétricos como altimétricos, que esta necesita para sus levantamientos regionales, construcción de su carta y cálculo exacto de su área” (García Aparicio, 1912: 17). En el mis-

mo anuario del IGM de 1912, el ingeniero M. Coliva escribió un artículo denominado “Mareografía”, donde califica la medición media del nivel del mar como uno de los “primeros y más urgentes trabajos” (Coliva, 1912: 63) que deben hacerse para realizar la carta topográfica de la república. Dicho propósito implicaba la determinación de una nivelación de precisión para el establecimiento de los datos de las alturas –cotas–, en la que se acordaba un nivel único calculado a partir de las mareas del océano Atlántico. El valor del punto se calcularía a partir de la colocación de mareógrafos y medimareómetros distribuidos a lo largo de la costa. El IGM, a través del artículo de Coliva, propone trasladar el mareógrafo del Ministerio de Obras Públicas ubicado en Mar del Plata al Muelle Nuevo en la playa del arroyo del Barco para realizar trabajos de mayor precisión. En dicho artículo el autor agrega un cuadro con los gastos que llevará colocar el mareógrafo. Sin embargo, el emprendimiento –al igual que todo el Plan de la Carta– era a largo plazo y por demás ambicioso. En primer lugar, los cálculos debían hacerse a partir de la observación de las oscilaciones marinas, las cuales varían durante un ciclo lunar que comprende 19 años, es decir, 6.793 días y un cuarto (Coliva, 1912). En segundo lugar, era necesario contar con capital intelectual y financiero que hiciera posible encarar tal tarea. De hecho, la determinación del nivel medio del mar con precisión geodésica fue medida en la década de 1930 cuando se crea la Comisión del Arco del Meridiano.^[22] A pesar de esta necesidad que expresaba el IGM, los primeros mapas publicados a escala 1:100.000 que formaron parte del plan sistemático del IGM llevan la inscripción “la acotación y equidistancia barimétrica está indicada en pie igual a m. 0,305 referida al mareógrafo del Riachuelo” (IGM, 1915).

En 1912, las perforaciones de los pozos de agua realizadas por la DGMGH también hacían referencia al cero del Riachuelo, salvo algunas mediciones del sur del territorio que estaban medidas al nivel medio del mar del puerto más cercano. Esto sucedía con los pozos del sur y no con las perforaciones realizadas en el norte del país. Es decir, en las provincias que contaban con ferrocarriles cercanos a los pozos de agua se usaba como punto de arranque el Riachuelo. Se trataba de Chaco, Entre Ríos, Santiago del Estero, Catamarca, Córdoba, Tucumán, Mendoza, Corrientes, Neuquén, Misiones, San Luis, Salta, La Pampa y Buenos Aires. En cambio, las mediciones que se realizaron en las provincias patagónicas de Chubut y Santa Cruz se remitieron al nivel medio del mar. Esto no es una mera coincidencia: si se compara el trazado de la red ferroviaria con la red

[22] Para la Comisión del Arco del Meridiano, véase Ortiz (2005).

Figura 6. Red con la ubicación de las primeras nivelaciones altimétricas

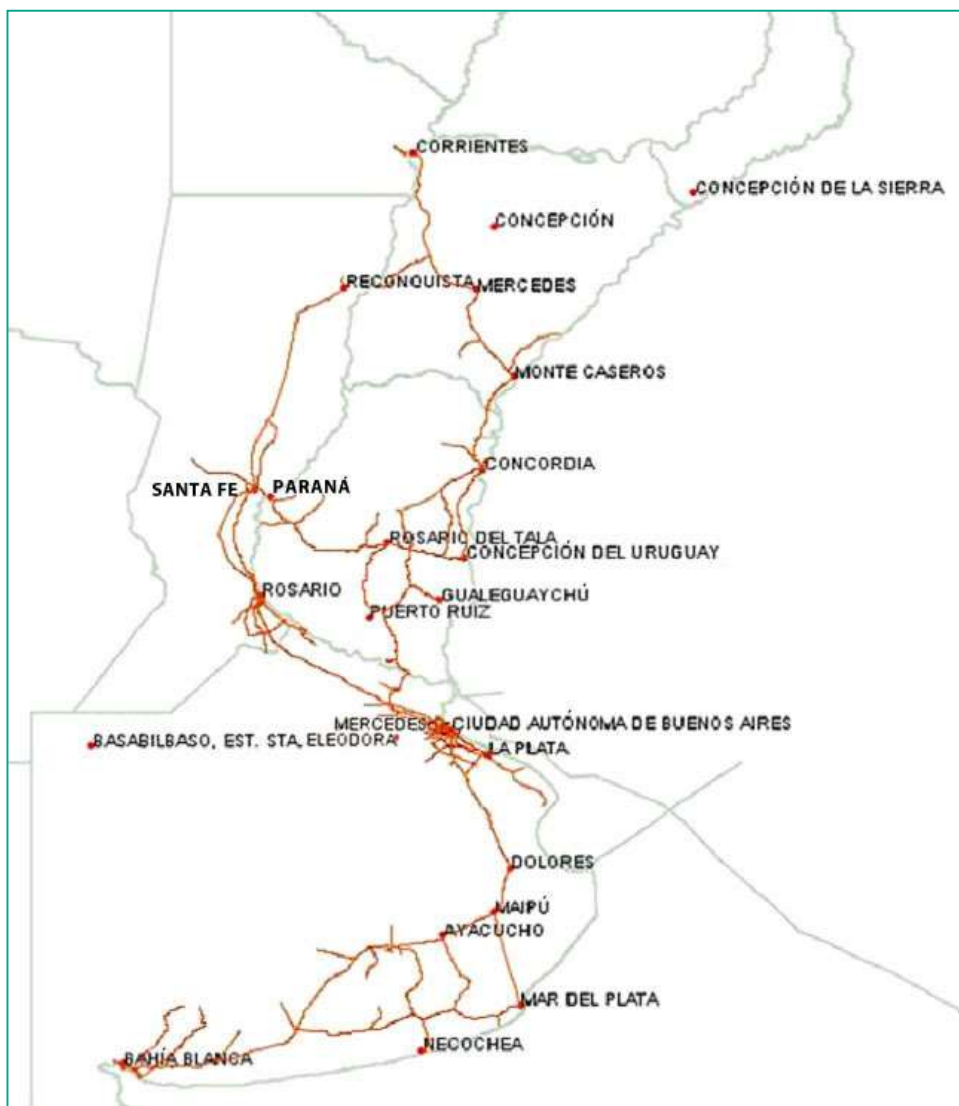


Elaboración propia.

de nivelación se observa que coinciden. Dicho en otras palabras: es el ferrocarril el instrumento práctico que permitiría trasladar la cota cero de los mareógrafos hacia el interior del territorio. En las figuras 6 y 7 vemos la ubicación de los mareógrafos antes mencionados y cómo las primeras nivelaciones realizadas por el IGM en territorio nacional coinciden con la primera red de transporte ferroviaria.

En este contexto, la falta de una cartografía con cotas firmes preocupaba a instituciones como la DGMGH, que necesitaban de una base altimétrica donde apoyar la geología. La DGMGH también propuso un plan cartográfico

Figura 7. Red con el recorrido de las líneas ferroviarias



Elaboración propia.

de larga data como el del IGM, con el objetivo de cubrir el territorio nacional con tres hojas: una topográfica, otra geológica y una tercera con datos complementarios.^[23] Las tres serían publicadas a escala 1:200.000. Sin embargo, no contaba con un mapa completo del territorio nacional que representara las alturas.

[23] Solo se publicó una hoja con los datos complementarios: la hoja Bahía Blanca en el año 1918. La información geoespacial que tenía estaba relacionada con la hidrología: pozos de agua, datos de las profundidades de las napas acuíferas, etcétera.

El perfeccionamiento de la litografía y la impresión en colores permitió que el general Von Hauslab y Emilio Sydow inventaran en 1842 el método de representación del relieve llamado *tintas hipsométricas*. Este método consiste en representar el relieve a partir de aplicar diferentes colores entre los planos que forman las curvas de nivel. En un primer momento se usaron los colores oscuros para las zonas más bajas y los claros para las más altas. A pesar de eso, esta escala cromática se ha invertido y quedaron normalizados el verde para las altitudes bajas y los distintos tonos de sepia para altitudes mayores de mil metros. Las representaciones de los glaciares generalmente se hacían por el color blanco o celeste. Como supone Raisz, el mapa “es la imagen del terreno vista desde arriba, las cimas de las montañas están más cerca del observador imaginario y se representan con un tono fuerte como el ocre, y los valles más distantes en un color más suave como es el verde” (1959: 140). Según este mismo autor, esto sigue las “reglas de la perspectiva: cuanto más próximo esté un objeto a nuestros ojos, más vivo debe ser el color con que se pinte”. En lugares donde el color verde no puede ser asociado a la llanura fértil, como en zonas de desierto, se usa el color gris o el verde oliva.

Este método fue el que empleó la DGMGH en 1914 cuando presentó el mapa hipsométrico de la República Argentina y regiones limítrofes (80 cm x 47 cm) (figura 8).^[24] Según la *Memoria* de 1914 de la DGMGH, “la necesidad de tener un mapa topográfico general de la República que permitiera construir el mapa geológico correspondiente [motivó] indirectamente la idea de construir [este] plano hipsométrico del país, sin el cual no se hubiera podido construir aquel mapa [el geológico] en forma racional y suficientemente completa” (1916: 89).

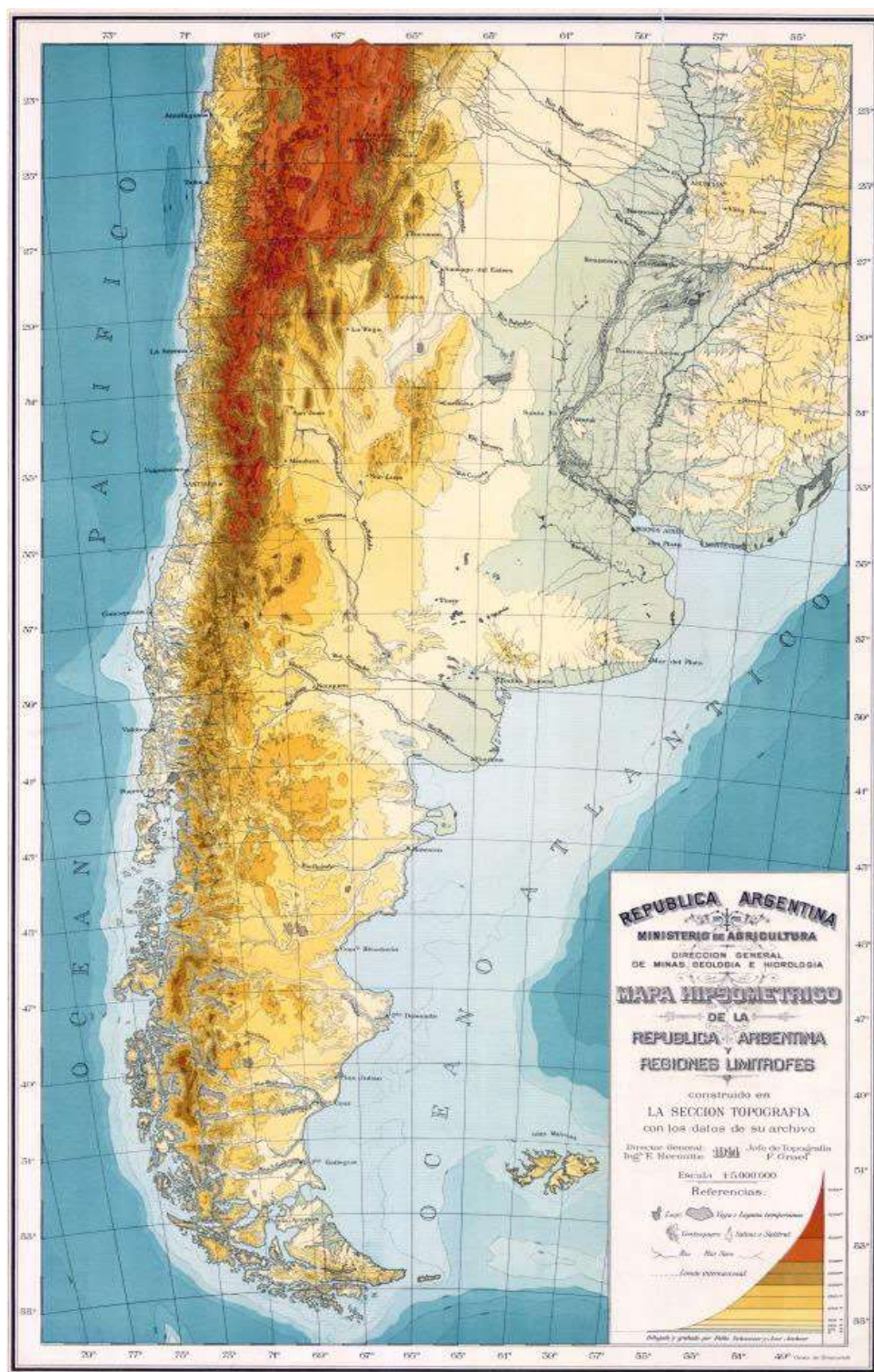
El mapa, además de ser una base topográfica para volcar la geología, se difundiría en las escuelas, ya que “contribuirá eficazmente al estudio y comentario de la orografía, hidrografía y geología del suelo argentino” (DGMGH, 1916).^[25]

Este mapa hipsométrico –pionero en representar el valor cuantitativo del relieve de todo el país– fue dibujado por Pablo Schweizer y José Jenkner a partir del método de recopilación. Entre los materiales recopilados para su construcción estaban los datos altimétricos de la cordillera medidos por las comisiones de límites y los trabajos de la Oficina de Tierras y Colonias;

[24] Otro trabajo que estudia este mapa es el de Verónica Hollman (2015).

[25] Verónica Hollman encontró un ejemplar de este mapa en formato diapositiva en la Escuela Normal de la Ciudad de Paraná, lo cual refuerza la idea de que circuló en más de una institución y en varios formatos. Véase Hollman (2015).

Figura 8. Mapa hipsométrico de la República Argentina y regiones limítrofes



Fuente: DGMGH (1914).

también se consultaron las publicaciones “provisorias” (DGMGH, 1916) del IGM, como las hojas topográficas del proyecto Millonésimo Mundial –hojas H21, I21– y los estudios topográficos de la misma oficina topográfica de la DGMGH.^[26] Esta recopilación pone en evidencia que había datos altimétricos, pero lo difícil era volcarlos en el mapa.

Recién en 1947, el IGM, de manera conjunta con la Dirección de Minas, calculó el Punto Altimétrico de Referencia Normal (PARN), el cual se decidió ubicar en la ciudad de Tandil por su estabilidad en relación con los movimientos y la contextura del macizo. El PARN se conectó al mareógrafo de Mar del Plata con 75 puntos de alta precisión. Con la construcción de este *datum* altimétrico las alturas en la cartografía argentina comenzaron a tener la precisión esperada desde principios del siglo XX; para ello, el IGM distribuyó una cadena de nivelación por todo el territorio nacional que permitía a los topógrafos realizar sus mediciones al mismo cero altimétrico. Por otro lado, la cartografía adoptó el método de representación del relieve con curvas de nivel, salvo las hojas topográficas del IGM a escala 1:500.000, que hubo que esperar hasta el siglo XXI.

CONCLUSIÓN

Como conclusión podemos decir que el dato altimétrico se calculaba desde hace mucho tiempo, para lo cual se podían implementar distintos métodos, como el barométrico, el trigonométrico o el geométrico. No obstante, dicho valor no podía ser incluido gráficamente en el mapa debido a que las técnicas de representación no lo permitían. Para solucionar este problema hubo varias estrategias: algunos dejaban las mediciones en forma de tabla junto al dato de coordenada, como lo hizo Martín de Moussy. En otros casos, como el de Manuel Olascoaga, se describía muy minuciosamente el relieve aunque no se lo graficaba ni se lo medía. Otras estrategias consistieron en la combinación de métodos como el sombreado plástico con puntos acotados, tal como se hizo en el mapa de Mendoza que realizó la Sección de Minería.

[26] Un ejemplo de los trabajos que realizaba la oficina topográfica de la DGMGH es el mapa que realizó el topógrafo Walter Anz un año antes en la región de la Cordillera del Tigre en las provincias de San Juan y Mendoza. En este plano topográfico, el terreno está representado a partir de curvas de nivel y se indica que las alturas fueron medidas a partir del método barométrico para el relevamiento, pero no se hace mención al cero altimétrico de referencia.

Otra solución posible consistió en volver visible el volumen del terreno a partir de incorporar perfiles, como el caso del mapa de Parish o el mapa de San Juan de la Dirección de Minas de 1904. Para que las alturas sean comparables entre sí, se necesitaba que todas estuvieran remitidas a un mismo origen. Para ello, el ferrocarril cumplió un rol fundamental: el de transportar los datos de las alturas al interior del territorio. En 1899, se decidió que las alturas nacionales se medirían al cero del Riachuelo, desde donde se apoyaban las vías férreas. Este origen estuvo vigente durante mucho tiempo; incluso la cartografía del IGM estaba remitida a ese cero. Hubo que esperar mucho tiempo –hasta la década de 1940– antes de contar con un cero geodésico para la cartografía. Sin embargo, ante esta falta, la DGMGH publicó en 1914 un mapa hipsométrico. Este fue el primer mapa del país que mostraba el relieve en su conjunto y que vino a suplir un gran vacío; su difusión parece haber sido bastante amplia.

BIBLIOGRAFÍA

- Alpers, S. (1987), *El arte de describir. El arte holandés en el siglo XVII*, Barcelona, Blume.
- Arboleda Aparicio, L. C. (2000), “Humboldt en la Nueva Granada. Hipsometría y territorio”, *Quipu*, vol. 13, N° 1, pp. 55-66.
- Bachelard, G. (2005), *La poética del espacio*, México, FCE.
- BBC Mundo (2015), “¿Es realmente el Everest la montaña más alta del mundo?”, *La Nación*, 16 de agosto. Disponible en <<http://www.lanacion.com.ar/1819793-es-realmente-el-everest-la-montana-mas-alta-del-mundo>>.
- Camacho, H. (2008), “La contribución de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología de la Nación a la formación de la primera generación de geólogos argentinos, y la actuación del Ing. Enrique M. Hermitte”, *Serie Correlación Geológica*, N° 24, pp. 103-108.
- Coliva, M. (1912), “Mareografía”, en IGM, *Anuario del Instituto Geográfico Militar de la República Argentina*, Buenos Aires, Sección Gráfica del Instituto Geográfico Militar, pp. 63-88.
- Crone, G. R. (2000), *Historia de los mapas*, México, FCE.
- Cuevas Martín, J. (2007), *Fotografía y conocimiento. La fotografía y la ciencia. Desde los orígenes hasta 1927*, Madrid, Editorial Complutense.
- Cutolo, V. O. (1978), *Nuevo diccionario biográfico argentino (1750-1930)*, t. 5, Buenos Aires, Elche.
- De Moussy, M. (2005) [1860], *Descripción geográfica y estadística de la Confederación Argentina*, t. I, Buenos Aires, Academia Nacional de Historia.

- DMGH [División de Minas, Geología e Hidrología] (1904), *Relevamiento de la región carbonífera de Carpintería, Retamito y adyacencias*, Buenos Aires, Talleres Gráficos del Ministerio de Agricultura de la Nación.
- DGMGH [Dirección General de Minas, Geología e Hidrología] (1914), *Mapa hipsométrico de la República Argentina y regiones limítrofes*, Buenos Aires, Talleres Gráficos del Ministerio de Agricultura de la Nación.
- (1916), *Memoria de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología correspondiente al año 1914*, Buenos Aires, Talleres Gráficos del Ministerio de Agricultura de la Nación.
- Gajardo Reyes, I. (1919), “Tablas meteorológicas y altimétricas”, *Anales de la Universidad de Chile*, t. CLXIII, pp. 365-442. Disponible en <<http://www.revistas.uchile.cl/index.php/ANUC/article/viewFile/25246/26582>>.
- García Aparicio, B. (1912), “La Carta de la República”, en IGM, *Anuario del Instituto Geográfico Militar de la República Argentina*, Buenos Aires, Sección Gráfica del Instituto Geográfico Militar, pp. 1-27.
- Hollman, V. (2015), “Los mapas en la colección de diapositivas de vidrio de la escuela normal de Paraná a principios del siglo xx”, ponencia presentada en las xv Jornadas Interescuelas/Departamentos de Historia, Comodoro Rivadavia, 16-18 de septiembre.
- IGM [Instituto Geográfico Militar] (1906), *Atlas del Neuquén*, Buenos Aires, Sección Gráfica del Instituto Geográfico Militar.
- (1915), *Carta topográfica de la República Argentina*, Buenos Aires, Sección Gráfica del Instituto Geográfico Militar, “Hoja Buenos Aires”.
- (1951), *Reseña histórica del Instituto Geográfico Militar: su misión y su obra*, Buenos Aires, Talleres Gráficos del Instituto Geográfico Militar.
- Lois, C. (2004), “La invención de la tradición cartográfica argentina”, *Litorales*, vol. 4, N° 4. Disponible en <<https://web.archive.org/web/20061118085323/http://litorales.filo.uba.ar/web-litorales5/articulo-1.htm>>.
- (2014), *Mapas para la Nación*, Buenos Aires, Biblos.
- Mazzitelli Masticchio, M. (2015), “Geografías en disputa: los cambios en los discursos geográficos de la Argentina (1852-1905)”, *Journal of Latin American Geography*, vol. 14, N° 3, pp. 67-90.
- , C. Lois y N. Grimoldi (2015), “La cobertura al descubierto”, *Terra Brasilis (Nova Série)*, N° 4. Disponible en <<http://terrabrasilis.revues.org/1337>>.
- Navarro Floria, P. y A. Mc Caskill (2004), “La ‘pampa fértil’ y la Patagonia en las primeras geografías argentinas (1876)”, en Navarro Floria, P. (comp.), *Patagonia. Ciencia y conquista: la mirada de la primera comunidad científica argentina*, General Roca, CEP-Universidad Nacional del Comahue, pp. 25-38.

- Naupas Paitán, H. y G. Manrique Peralta (1983), *Manual de cartografía geográfica*, Lima, UNMSM.
- Olascoaga, M. (1879), *Plano del territorio de La Pampa y Río Negro*, Buenos Aires, Oficina Topográfica Militar.
- Ortiz, E. (2005), “El debate de la Comisión del Arco del Meridiano: 1936-1943”, en Lorenzano, C. (ed.), *Historias de la ciencia argentina II*, Buenos Aires, Universidad Nacional de Tres de Febrero, pp. 107-124.
- Parish, W. (1958) [1852], *Buenos Aires y las provincias del Río de la Plata*, Buenos Aires, Hachette.
- Penhos, M. (2009), “En las fronteras del arte: topografía, cartografía y pintura en la Expedición de la América Meridional a fines del siglo XVIII”, en Mendoza Vargas, H. y C. Lois (coords.), *Historias de la cartografía de Iberoamérica. Nuevos caminos, viejos problemas*, México, Instituto de Geografía-UNAM/INEGI, pp. 329-349.
- Plotkin, M. y E. Zimmerman (comps.) (2012), *Los saberes del Estado*, Buenos Aires, Edhasa.
- Raisz, E. (1959), *Cartografía general*, Barcelona, Omega.
- Saule-Sorbé, H. (2004), “En torno a algunas ‘orografías’ realizadas por Franz Schrader en los Pirineos españoles”, *Eria*, N° 64-65, pp. 207-220.
- SEGEMAR [Servicio Geológico Minero Argentino] (2004), *100 años en el quehacer cartográfico*, Buenos Aires, SEGEMAR.
- Strahler, A. y A. Strahler (1994), *Geografía física*, Omega, Barcelona.
- Vega, A. (2014), *Los Andes y el territorio de Chile en el siglo XVI. Descripción, reconocimiento e invención*, Santiago de Chile, Centro de Investigaciones Diego Barros Arana.
- Von Seelstrang, A. y A. Tourmente (1875), *Mapa de la República Argentina*, Buenos Aires, Oficina Nacional de Ingenieros.