

# CÓRDOBA ESTELAR 2024

Desde los sueños a la Astrofísica  
Historia del Observatorio Nacional Argentino

Edgardo R. Minniti Morgan / Santiago Paolantonio

Edición actualizada y ampliada



Universidad  
Nacional  
de Córdoba



Observatorio  
Astronómico  
de Córdoba



Segunda edición electrónica 2024  
Primera edición e-book 2022  
Primera edición electrónica 2013  
Primera edición en papel 2009

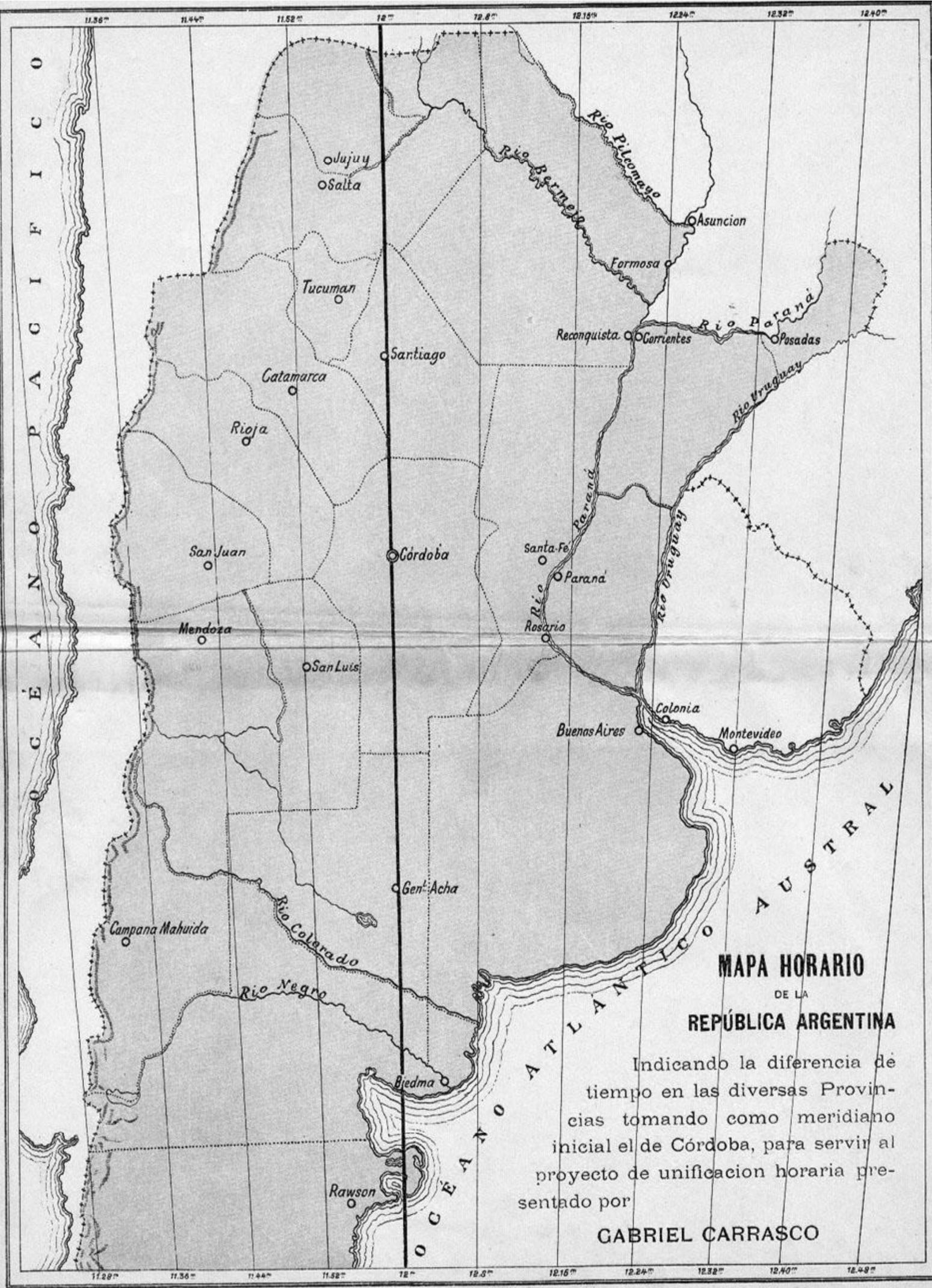
®

Todos los derechos reservados – All right reserved  
Prohibida la reproducción total o parcial de este libro (tapa o interior)  
por cualquier medio o procedimiento químico o mecánico, incluyendo  
el tratamiento informático, la reprografía y distribución por redes  
(Internet, etc), sin el permiso escrito de los autores.

ISBN: en trámite

Córdoba, Argentina

Universidad Nacional de Córdoba, 2024



**MAPA HORARIO**  
DE LA  
**REPÚBLICA ARGENTINA**

Indicando la diferencia de tiempo en las diversas Provincias tomando como meridiano inicial el de Córdoba, para servir al proyecto de unificacion horaria presentado por

**GABRIEL CARRASCO**

## Capítulo 11

# Determinaciones de longitudes geográficas y emisión de la hora oficial

Nos resulta tan común, tan habitual ubicarnos en el espacio y en el tiempo, con mapas y relojes precisos, o más aún con las señales emitidas por satélites geosincrónicos en tiempo real brindando posiciones o imágenes de la superficie terrestre con sus coordenadas, que se nos escapa el esfuerzo notable realizado para desarrollar en la República Argentina las estructuras requeridas para lograrlo. Las condiciones ambientales, políticas y sociales imperantes en el país durante el siglo XIX, hacen que pueda calificarse como muy notable la contribución del puñado de hombres empeñados en el afianzamiento del territorio nacional y la regularización de los parámetros necesarios para una actividad económica racional. El Observatorio Nacional, a fines de aquel siglo, fue el protagonista de este esfuerzo y constituyó la base y apoyo incondicional para que Santa Fe, la primera provincia que planteó oficialmente el problema del horario común, lo aplicara en su ámbito y apoyara la iniciativa de ampliarlo al país todo. Desde Córdoba se iniciaron también las determinaciones más precisas de ubicaciones geográficas.

La sociedad colonial no tenía necesidad de grandes precisiones de tiempo ni de lugar. La altura del Sol o el cansancio físico fijaban la hora del almuerzo o el fin de la jornada. Las referencias geotopográficas próximas, montes, arroyos, asentamientos humanos, la de situación. En los pueblos diseminados por la llanura, que iban emergiendo como hongos a medida que la inmigración se extendía como mancha de aceite, la hora era dada por los relojes sitios en la cima de esas torres

*Imagen destacada*  
Mapa presentado en el trabajo para la unificación horaria por Gabriel Carrasco

eclesiásticas, para coordinar localmente las actividades sociales, fundamentalmente del culto. El eco de las campanas horarias y de convocatoria religiosa moría en el límite de sus respectivas zonas de influencia. El tiempo demandado para recorrer determinadas distancias, marcaba las posiciones relativas. Eso bastaba entonces. Con esas referencias se era parte de una sociedad muy peculiar, que no exigía más que eso en tal sentido.

En la segunda mitad del siglo XIX las determinaciones de posiciones geográficas se tornan de gran importancia por la creciente expansión comercial y militar de muchos países, en especial aquéllos que contaban con grandes flotas mercantes y ponderable producción industrial, en pugna por la apertura de nuevos mercados.

### ***Mediciones geográficas, situación en Argentina y propuesta del observatorio***

Entre los objetivos del observatorio propuestos inicialmente por Gould, no se incluía explícitamente ninguno relacionado con las determinaciones de posiciones geográficas. Esto lo distinguía de la mayoría de las instituciones de este tipo, las que en general propusieron dedicar parte de su tiempo a esta actividad, tal el caso de los observatorios de [Río de Janeiro](#), [Santiago de Chile](#) y [La Plata](#).

Gould, esperaba concretar los trabajos en que estaba interesado, la confección de un catálogo estelar con el [círculo meridiano](#), en unos tres años, al término de los cuales pretendía regresar a su patria. Por esta razón trató de evitar dedicar tiempo a otras actividades que no fueran las mediciones estelares. Sin embargo, como se ha visto, la mayoría de las veces no pudo evitarlo, a solo meses de su llegada se debió abocar a la sistematización de pesos y medidas de las provincias, asesorar a la Universidad, así como observar eclipses y cometas, que llamaban la atención del público general y que esperaba que el observatorio nacional le prestara la debida atención. A esto se sumó, las demoras en construcción del edificio y la llegada de los instrumentos, por lo que prontamente el Director cayó en la cuenta que el plazo fijado resultaba muy optimista.

A pesar de esto, poco después del inicio de las actividades, en el informe de 1871 al Ministro, Gould señalaba:

*“Hay además dos maneras<sup>1</sup> más especiales de utilizar el Observatorio, al objeto de desarrollar las fuerzas del país, y*

*facilitar el estudio de su historia natural y de sus recursos. El uno consistiría en hacerle servir como punto céntrico para la determinación de posiciones geográficas de la República, y obtener de esta manera una base práctica para la formación de cartas geográficas y geológicas.”* (Gould a N. Avellaneda, 24 de mayo de 1871).

Gould al llegar al hemisferio austral, huérfano de los logros obtenidos en el septentrional en estos aspectos, inició trabajos para las determinaciones geográficas por él ampliamente conocidos. Es claro que los objetivos que se perseguían eran de beneficio común a todas las naciones y en especial para la Argentina por su amplio territorio y falta de referencias para los topógrafos en plena apertura del proceso inmigratorio de colonización. Además, el Instituto Geográfico Argentino estaba empeñado en confeccionar un nuevo mapa de la República, para solucionar los gruesos errores y lagunas en los existentes, por lo que estas mediciones resultaron de especial interés.

A principios de 1874 el Director justifica la necesidad de realizar determinaciones geográficas en el país:

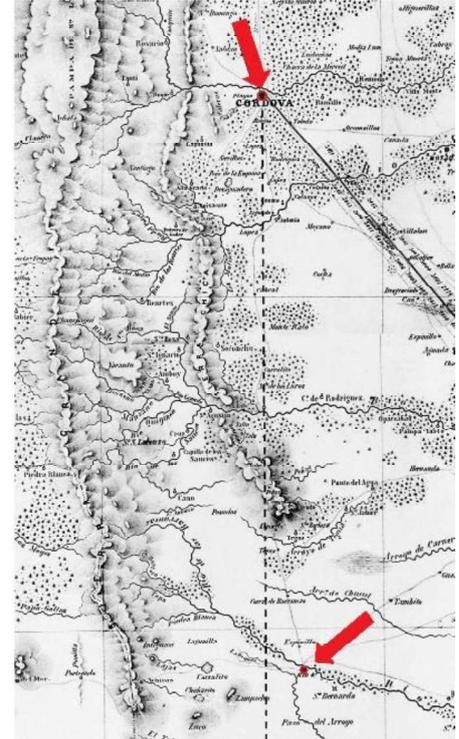
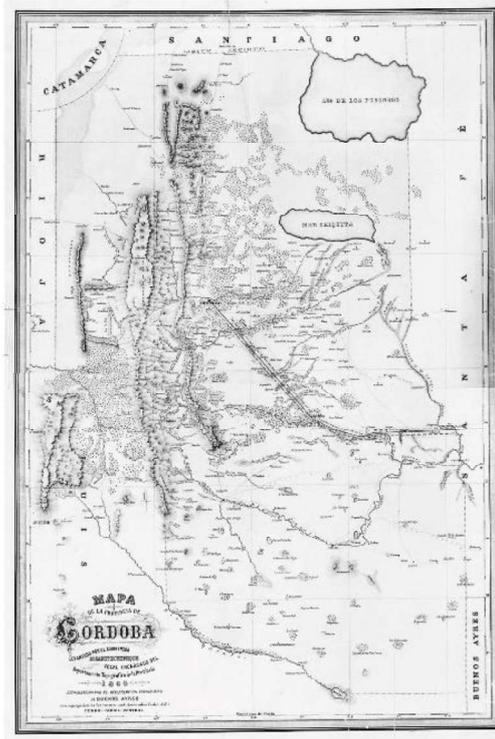
*“... Un ejemplo de esto nos da el pueblo de Río Cuarto, que en todos los mapas que han llegado a mi vista, a excepción del último de los Ingenieros Nacionales, se halla situado al este de Córdoba.”*  
(Gould Informe al Ministro de 1873, 31/1/1874)

Efectivamente, es lo que ocurría en el [mapa presentado](#) por el Senador [Nicasio Oroño](#) para la fijación de los límites de las Provincias y territorios nacionales, Río Cuarto estaba marcado al Este de su posición real<sup>2</sup>. Otro ejemplo lo da el Director en el tomo VII de los Resultados del Observatorio:

*“La posición de Córdoba es cerca de un minuto de tiempo más al oeste de la que se suponía y que se hallaba ubicada en los mapas.”*  
(Gould, 1884)

En igual época, la adopción de un meridiano único de origen y la fijación de husos horarios para la medición coordinada del tiempo se esperaba que fuera beneficioso para todo el mundo; tornando justificable estas determinaciones, indudablemente muy relacionadas con la astronómica de posición conforme lo anticipaba. Resultaba

Izquierda, mapa de la provincia de Córdoba de 1866, del Departamento Topográfico de la Provincia, Agrimensor S. Echenique. A la derecha, detalle que incluye las ciudades de Córdoba y de Río Cuarto, donde se aprecia el error de posición en longitud de la última localidad, que se ubica al Este en lugar del Oeste de la capital (flechas y línea que marca el meridiano de Córdoba agregados por los autores).



también de especial utilidad para los cada vez más frecuentes programas de observaciones astronómicas emprendidos entre distintos observatorios a nivel mundial, tal el caso de la determinación de la paralaje solar.

Gould sin dudas no desconocía que, para la época, se estaban planificando diversas expediciones para relacionar distintas localidades al futuro meridiano de referencia, en particular EE.UU., que esperaba vincular distintos puntos de las costas americanas con el de Greenwich, por el cual abogaban.

A la mencionada expedición norteamericana emprendida décadas antes por [Gilliss](#), para realizar mediciones de la paralaje solar desde [Santiago de Chile](#), también se le agregaron objetivos de exploración geológica, de la naturaleza, cultural y política de la región, como parte de condiciones para brindar el apoyo necesario para concretarla<sup>3</sup>. En el caso de Gould, sin bien no existía una posibilidad de condicionamiento por ser un programa externo, los numerosos préstamos de instrumentos realizados por instituciones de su país, de algún modo estarían detrás de algunos intereses que irían más allá de los puramente astronómicos.

Evidentemente, gravitó la importancia de realizar estas mediciones geográficas por lo antes mencionado, las que posiblemente Gould esperaba que su sucesor continuara con la tarea.

La propuesta del observatorio era realizar, empleando el método telegráfico, una serie de mediciones de capitales de provincias, a la que

se agregaban otras ciudades importantes, en miras de contribuir a la confección de un “Atlas de la República”, tal como lo afirma Thome en su informe al Ministro del año 1886.

Sin excepción, los trabajos que en este sentido realizó el observatorio contaron con autorización del Gobierno Argentino. No hubo, sin embargo, pedidos explícitos para que se realicen, muy por el contrario, fue Gould el que en general propuso concretarlos.

Desde luego hubo excepciones a esto, tal como la solicitud realizada por el gobierno de la provincia de Entre Ríos, a la que el Director responde favorablemente. Otro tanto ocurrió en la época de la dirección de John Thome, con el pedido de la determinación de la diferencia de longitudes entre Córdoba y La Plata, y más adelante durante la administración de Charles D. Perrine con el gobierno de la provincia de Córdoba<sup>4</sup>.

Adicionalmente, la realización de estos trabajos derivó también en el apoyo a las comisiones de demarcación de las fronteras internas y externas, por ejemplo, para la de Córdoba con San Luis y en la década de 1890 con Chile. También se prestó soporte a la actividad de topógrafos y agrimensores con la publicación desde 1895 de efemérides que incluían posiciones de estrellas circumpolares.

### *Experiencia de Gould en mediciones geográficas*

Gould era una persona de temprana inteligencia. A los 10 años de edad ya daba conferencias ilustradas con experimentos sobre las propiedades de la electricidad, ante asombrados auditorios. No solamente llegaría a ser uno de los científicos que primero aplicaría la electricidad a sus trabajos rutinarios, sino que influiría favorablemente para la aceptación general de la misma en su patria<sup>5</sup>. Estos conocimientos le serían en el futuro de gran utilidad, al aplicarlos particularmente para dar solución a los requerimientos de las diversas determinaciones de las longitudes terrestres.

En 1852 Gould, como empleado del [Coast Survey](#), se encarga de la medición de posiciones geográficas, en reemplazo de su amigo [Sears C. Walker](#), cuya salud le impidió continuar con esa labor. Para estas determinaciones, se utilizaba el entonces novísimo telégrafo eléctrico, sistema que ya había sido aplicado por la [Academia Francesa](#) en Europa. Gould continuó esta línea de trabajo estudiando la velocidad de propagación de las señales eléctricas en las líneas telegráficas.

En 1866 participó en la primera determinación de diferencia de lon-

gitud entre Europa y América, poco tiempo después que se instalaran los primeros cables trasatlánticos. Con tal fin, el futuro director del Observatorio Nacional viajó a la costa oeste de Irlanda, al extremo europeo de los cables y se estableció en la [isla de Valentia, Irlanda](#). Esperó pacientemente por semanas a que el clima mejorase dejando ver las estrellas necesarias. Entre la niebla y la lluvia, coordinó la conexión con Newfoundland, hoy Isla de Terranova, Canadá. La medición terminó exitosamente en poco menos de cinco meses, se encontró una diferencia de 2 horas 51 minutos 56,54 segundos.

Gould también tomó parte de las determinaciones de las estaciones geodésicas del Servicio Hidrográfico de su patria. En la última campaña fundó la estación de operaciones en Islandia.

Todas estas actividades le proporcionaron una gran experiencia que posteriormente aplicará en nuestro territorio con notables resultados.

### ***Las determinaciones***

Las posiciones geográficas fueron obtenidas por el Observatorio con ingente esfuerzo. Su personal destinó mucho tiempo a estas tareas, realizando las mismas, conforme las palabras de ***Eugene Bachmann***, uno de los protagonistas:

*“... en las pocas vacaciones que el incansable Director del observatorio Dr. B. A. Gould se concede a sí mismo y a sus ayudantes”* (Bachmann a E. S. Zeballos 18/12/1882<sup>6</sup>)

Con excepción del pago de los pasajes y alguna ayuda menor, generalmente local, las estadías de los encargados de realizar esta labor eran afrontadas por ellos mismos. Deben haberse tomado como un paseo o un descanso del esfuerzo astronómico diario.

Se presentaron grandes dificultades en numerosas oportunidades por la falta de personal idóneo para los cálculos; como así de elementos adecuados para realizar las mediciones, en especial de relojes exactos para conservar la hora y trasladarla a los distintos puntos. Se sufrió las consecuencias del mal estado de las líneas telegráficas, y en algunos casos se luchó contra la incapacidad o resistencia de los encargados de las oficinas de telégrafos, que se oponían a liberar las líneas de todo otro tráfico durante las mediciones, o bien entorpecían intencionalmente el trabajo, ocasionando no pocos problemas por injustificado celo profesional. En suma, la tarea resultaba además de tediosa, muy

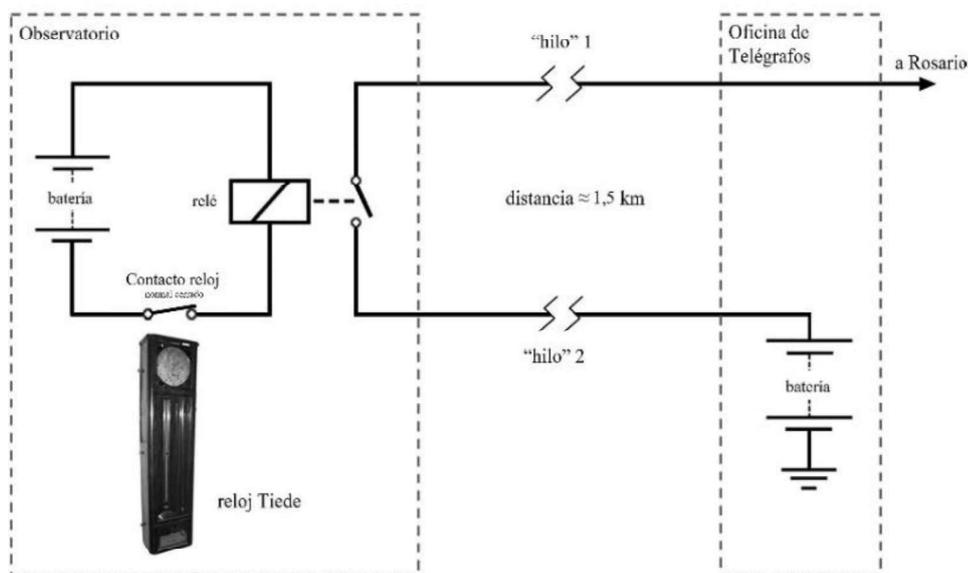


*El instrumento empleado era un círculo de repetición de Pistor y Martin, provisto de un trípode. El círculo se ajustaba en el brazo del trípode que lleva el contrapeso, al extremo opuesto cae éste, de tal modo que el sistema quedaba en equilibrio mientras podía moverse el círculo libremente, tanto en azimut como en altura. Los pies del trípode se fijaban sobre una tablilla lisa que permitía el movimiento de todo el instrumento sobre una mesa, en que era colocado para estar a una altura conveniente.*

*Bajo estas condiciones, es ventajoso fijar previamente el cero del nonio en un minuto exacto del círculo, para no tener que hacer con segundos, y esperar el contacto o separación de los discos. A más, teníamos por costumbre observar el borde inferior y superior [del Sol] alternativamente (habiendo calculado de antemano las lecturas del círculo correspondiente), de tal modo que el término medio de la serie (diez observaciones) daba directamente la altura del centro del Sol, eliminándose así todo error en la apreciación del semidiámetro. El horizonte artificial consistía en un plato de cobre lleno con mercurio, tapado por un techo de metal provisto de dos vidrios en sus lados, que eran inclinados bajo un ángulo de 60°. Los vidrios opacos del círculo se distinguían, según su colocación, por lado A y lado B, siendo nuestra costumbre cambiar de lado después de las cinco primeras observaciones, cambiando, al mismo tiempo, la colocación del techo del horizonte, y hacer las cinco restantes en las nuevas posiciones. La superficie del mercurio se limpiaba pasando por encima un lápiz Faber, a cuyos lados se pegaba la espuma” (Thome, 1895)*

Los primeros trabajos se relacionaron con las determinaciones de las diferencias longitud geográfica entre Córdoba y las ciudades de Rosario y Buenos Aires. Las mediciones se realizaron con la colaboración del Jefe de la Oficina Nacional de Ingenieros, el italiano [Pompeyo Moneta](#), quien en 1870 había estado involucrado en la elección del terreno y la construcción de la sede del Observatorio. El ingeniero determinó las latitudes de estas dos localidades y posteriormente coordinó y realizó el trabajo con Córdoba para el establecimiento de las diferencias de longitud existentes entre ambos puntos. Empleó para este fin un instrumento universal Pistor & Martins de Berlín<sup>8</sup>, con un telescopio en el extremo del eje.

[Las observaciones en Rosario](#) se efectuaron en el patio de la casa de Moneta, ubicada en la esquina de las calles San Luis y Progreso. Dieron comienzo el viernes 29 de marzo, prosiguiendo hasta mayo de 1872. En



Circuito telegráfico<sup>9</sup> empleado para transmitir los “golpes” (señales) del reloj patrón, para la medición de la diferencia de longitud geográfica con Rosario. Al observatorio llegaban dos “hilos de línea” (alambres) desde la Oficina de Telégrafos ubicada en el centro de la ciudad. El “hilo 1” pasaba por la Oficina sin mediar instrumento. Al “hilo 2” se conectaba la batería de la Oficina. En Rosario, Moneta registraba las señales en una cinta de telégrafo. Similares circuitos se emplearon para todas las determinaciones de longitud realizadas (S.P.).

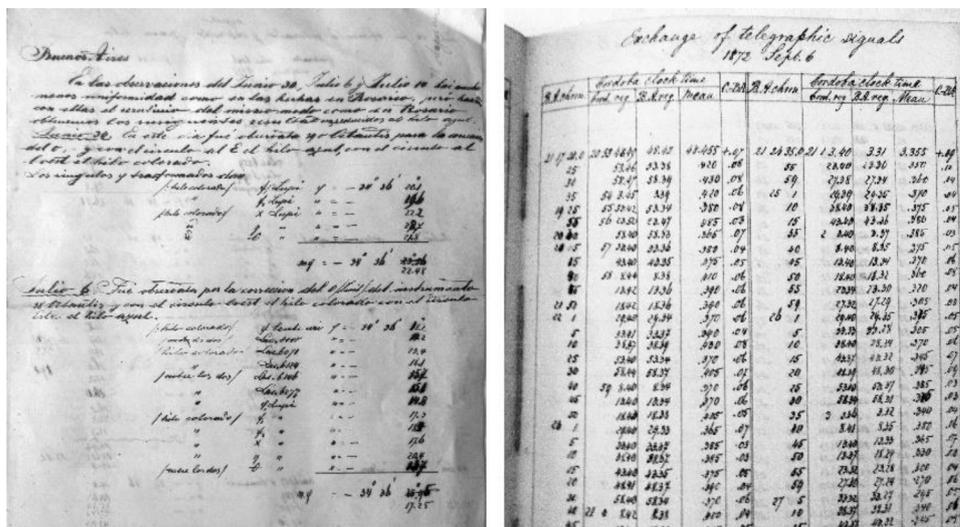
Córdoba estaba encargado de las mismas el entonces primer ayudante John M. Thome.

Mientras se llevaban adelante los cálculos de lo realizado con Rosario, se comenzaron los preparativos para hacer lo propio con Buenos Aires.

Moneta se instaló esta vez en el “jardín redondo” de la [Casa de Gobierno](#). Montó el instrumento en forma fija y lo protegió durante el día con una carpa. El 25 de mayo de 1872, Gould escribe a Moneta comentándole que están terminados los ajustes del [Círculo Meridiano](#) para comenzar los trabajos. El 5 de junio le anuncia que en tres días podrán iniciar los mismos. A partir de mediados de junio se efectúan reiterados intentos. Algunos fracasan por las malas conexiones telegráficas, otros por el cielo nublado en uno u otro sitio, se estableció un nutrido intercambio de telegramas para coordinar las tareas comunes. Siguen las tareas un tiempo más hasta que finalmente en septiembre, el Director telegrafía a Moneta comunicándole que las observaciones realizadas el 7 de julio, 23 de agosto y 6 y 9 de septiembre, eran suficientes para obtener una posición con buena precisión. El valor logrado de la diferencia de longitud entre ambas ciudades fue de 0 horas, 23 minutos y 18,88 segundos, con un error de 0,03 segundos. Los trabajos efectuados son noticias en los diarios del país. La latitud, que Moneta había determinado con anterioridad, resulta ser 34° 36' 21,4”.

En oportunidad de la renuncia del ayudante *Williams M. Davis*, en marzo de 1873, se aprovecha la circunstancia para sugerir al Ministro [Avellaneda](#) en la carta del 15 de febrero, que le proporcione a *Davis*

Izquierda, notas de Pompeyo Moneta enviada a Gould, relacionadas con la determinación de la latitud de Buenos Aires. Derecha, detalle de una de las hojas de la libreta de registro de la medición de la longitud de Buenos Aires, en la que se indican datos del intercambio de señales telegráficas realizado el 6 de septiembre de 1872.



transporte en ferrocarril y silla de correo con miras a determinar las posiciones de [Río Cuarto](#), [San Luis](#) y [Mendoza](#). El ayudante debía regresar a Estados Unidos vía Chile, de modo que los puntos a medir estaban en su camino. El interés del Director es destacado pues le escribe al mismo Gobernador de Córdoba [Juan Antonio Álvarez](#) para solicitarle el pronto envío de documentación que necesitaba *Davis*.

El 10 de marzo de 1873 ya cuenta con las órdenes de transporte, de modo que el ayudante parte a Río Cuarto donde el domingo 15 de marzo realiza mediciones. Llega a San Luis el 19 del mismo mes, determinando la posición del centro de la Plaza Central. El 25 ya está en Mendoza, para hacer lo propio desde la Plaza de Loreto; el día 28 y 29 a las 9 y media horas recibe las señales correspondientes. Luego de varios inconvenientes técnicos el trabajo llega a su fin con éxito. Se intentó también la medición en Santa Rosa de los Andes (Chile) pero fracasó por el mal tiempo. Tales tareas se realizan con un círculo de reflexión de [Moneta](#), prestado a ese efecto por el entonces Jefe interino de la Oficina de Ingenieros Nacionales, [Knut Seve Christ Lindmark](#).

El 8 de abril Gould escribe a *Davis* que ya se encontraba en Santiago de Chile: “*Tendremos buenos resultados, Feliz Viaje*”<sup>10</sup>. El 10 de ese mismo mes el Director se hace del cuaderno de campo con las observaciones e inicia los cálculos, obteniendo resultados para Río Cuarto y Mendoza<sup>11</sup>. Para esta última ciudad no son los esperados por lo que se reiteran las mediciones entre marzo y abril de 1873<sup>12</sup>.

Paralelamente, el 15 de mayo de 1873 Gould se comunica con el profesor de Matemáticas del [Colegio Nacional de Catamarca Francisco Latzina](#), para fijar la posición del centro de la [plaza de esa ciudad](#). Así inicia el contacto con quien será un futuro colaborador, que

desempeñará un importante papel en la institución. El Director pide autorización al Ministro con el fin de que se le adelante un sueldo para que realice también determinaciones en Tucumán y en Santiago del Estero, mediciones que solo tienen éxito en la primera localidad.

A Salta le toca en junio de 1873, fecha en que Gould se escribe con el [Mayor Francisco Host](#), Ingeniero Nacional, para realizar las determinaciones, y hace los arreglos necesarios con el Inspector General de Telégrafos en Buenos Aires, Carlos Buston. El 14 de julio le avisa a Host que le manda los “golpes del reloj” a las 4 horas de Salta. **Davis** viaja a esa ciudad para concretar el trabajo. A pesar del esfuerzo, no hay éxito por el deplorable estado de la línea telegráfica.

Durante sus vacaciones tomadas entre septiembre y octubre de 1875, Thome y su compañero **Frank H. Bigelow** viajaron al litoral y siguiendo la línea del telégrafo determinaron las posiciones de Paraná, sobre la terraza de la [Escuela Normal](#) ubicada frente a [la Plaza](#), a [metros de la oficina de telégrafos](#); el centro de la Plaza Principal de La Paz; del [Colegio Nacional de Corrientes](#); de la Plaza del Mercado de Asunción; del patio de la Comandancia en Villa Occidental; y de las Plazas de Goya y [Santa Fe](#). No se pudieron determinar las diferencias en longitud con Asunción (Paraguay) y Villa Occidental (en aquel momento de pertenencia incierta a la Argentina) al fallar el reloj que mantenía la hora recibida en Corrientes, último punto al que llegaba el telégrafo. No cobraron sus gastos personales, solo se les pagaron los pasajes.

De regreso a Córdoba, **Bigelow** siguió viaje con Gould en tren a la inauguración del Ferrocarril Andino en Villa Mercedes, en la que el director pronunció un corto discurso. Mientras tanto, Thome queda como responsable del observatorio. El 23 y 24 de octubre de 1875 miden la posición de la plaza de esta localidad, el 26 están en San Luis haciendo lo propio, también en su plaza principal. De regreso, cuatro días después, pasan por Villa María de la que no pudieron determinar la latitud por estar el Sol muy alto debido a lo avanzado del verano. La campaña duró en total 8 días.

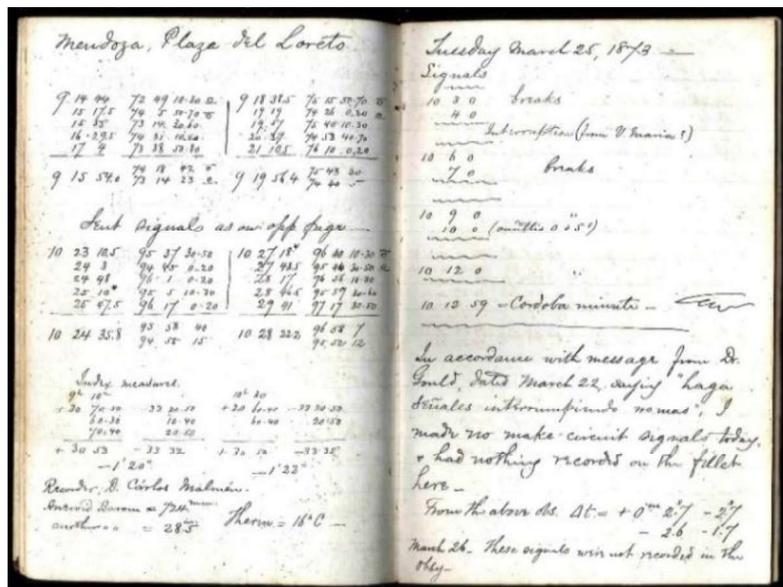
En noviembre de 1876, luego de la llegada del ferrocarril en el mes



Williams M. Davis  
([www.valpo.edu/geomet/histphil/test/davis.html](http://www.valpo.edu/geomet/histphil/test/davis.html))



Francisco Latzina, circa 1876 (*Gentileza Academia Nacional de Ciencias*)



Cuaderno con anotaciones realizadas en 1873, para la determinación de la posición geográfica de Mendoza.

de septiembre anterior, nuevamente se realiza la medición de la posición de Tucumán, ubicándose la estación en el patio de la [casa donde se proclamó la independencia](#), la que dos años antes había sido adquirida por el Gobierno Nacional para destinarla a oficina de correos y luego telégrafos. Se utilizó el círculo de repetición y el cronómetro con conexión eléctrica, cuyas correcciones fueron deducidas por Thome por medio de observaciones solares.

El 2 de agosto de 1879, Gould escribe al Ministro [Bonifacio Lastra](#) sugiriendo la posibilidad de

determinar la posición de Santiago del Estero, solicitándole pasaje en tren para un ayudante, más el pasaje de San Pedro a Santiago, así como el carruaje para la vuelta. El ministro del gobierno de Santiago del Estero, Gabriel Larsen del Castaño, recomienda al "[Sr. Christenson](#)"<sup>13</sup> para ayudar en la capital de esa provincia. El 9 de septiembre Thome llega a esa ciudad y al día siguiente se realiza una medición exitosa.

Luego se miden las posiciones de General Acha, Rosario de la Frontera y Jujuy.

En octubre de 1886, siendo ya Thome director del Observatorio, se traslada a San Juan para realizar la determinación de su posición, la que considera la mejor de todas las realizadas. Elige como punto de observación uno de los patios de la Escuela Normal de Maestras, obtiene resultados que fueron exitosos luego de tres días de trabajo. Es ayudado por su esposa, Frances Wall, quien maneja el cronómetro y realiza los cálculos necesarios.

En 1894, en combinación con el Departamento del Estado Mayor del Ejército Sección IV y la participación del Ingeniero Julio Lederer<sup>14</sup>, que realiza la observación de las estrellas, se obtuvieron las posiciones de General Acha, Mendoza y San Juan.

Es importante destacar que también se encontraron alturas territoriales, aprovechando el instrumental existente. Así se fijó con un teodolito en 1874 la del propio Observatorio<sup>15</sup>, por [Latzina](#); la de la [Plaza Principal](#) (hoy San Martín), y la de varias ciudades de la República. También se tiene conocimiento de la obtención de alturas de

lugares destacados, tal como la de “Los Gigantes” de las sierras de Córdoba, realizadas en forma barométrica, hallando una cota de 2.587 metros sobre el nivel del mar.

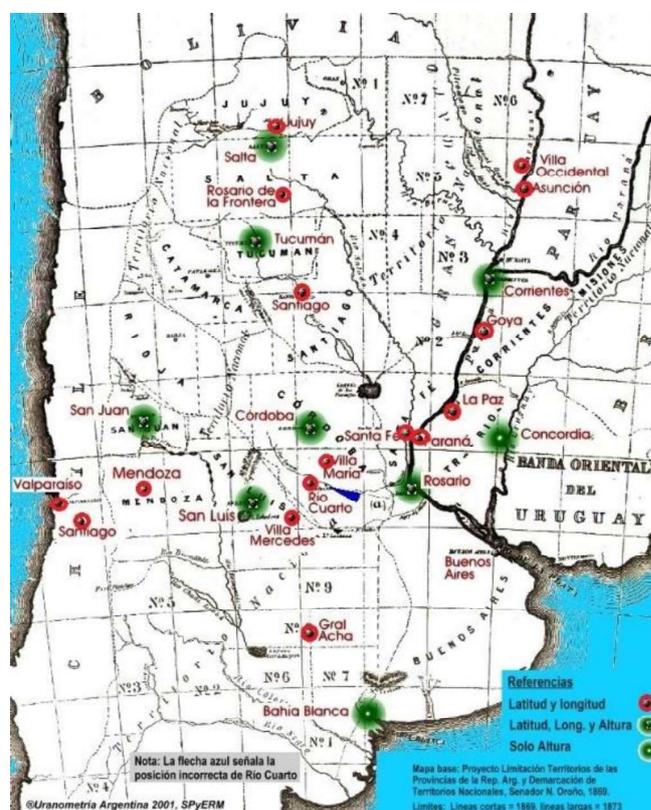
En su informe de 1886, Thome señala que hasta ese momento se habían encontrado las posiciones de 16 localidades. A finales de esa década se adquiere un telescopio de [tránsito y cenital combinado marca Fauth & Co.](#), 75 mm de abertura y unos 700 mm de distancia focal<sup>16</sup>.

A fines del siglo XIX los trabajos geográficos se detuvieron completamente a consecuencia de la grave crisis económica que dejó al observatorio con un presupuesto muy magro. Con la creación del Instituto Geográfico Militar, paulatinamente las determinaciones geográficas se dejaron de realizar. Sin embargo, se dieron situaciones en que se solicitó la emisión de señales horarias para este fin, tal como ocurrió en 1910, en la dirección de [Charles D. Perrine](#), cuando la gobernación de Río Negro requiere el apoyo del Observatorio para la hallar su longitud. Un caso similar ocurre en 1913 con la Provincia de Córdoba.

Ciertamente el Observatorio Nacional realizó una muy destacada contribución, hoy casi desconocida, a la topo-cartografía argentina y mundial, con el uso del telégrafo para la determinación de las posiciones geográficas de muchos puntos importantes del país, Chile y Paraguay.

Gould fue miembro honorario del Instituto Geográfico Argentino con el cual colaboró en reiteradas oportunidades. Muchos de los miembros de ese Instituto, entre los que se encontraba su Presidente, [Estanislao S. Zeballos](#), comentaron con enjundia y estudiaron los resultados obtenidos por el Observatorio en este campo. Al alejarse del país, el 9 de marzo de 1885, el Instituto le otorgó al Director una medalla de oro en reconocimiento a sus servicios, organizando una despedida especial, en la que fue orador principal el ex presidente Sarmiento, ya de avanzada edad.

Un hecho que merece comentarse por su importancia, es que a partir de las observaciones realizadas para el Catálogo General Argentino, se pudieron verificar las



Localidades a las que se les determinaron sus coordenada y altura, desde el Observatorio Nacional Argentino (Paolantonio y Minniti 2001).

variaciones periódicas de latitud descubiertas por [Seth C. Chandler](#) en base al estudio de los errores de las mediciones repetidas de las estrellas. En general, determinó la gran irregularidad de este fenómeno, tanto en período como en amplitud. Como se comentó en el Capítulo 3, Chandler había sido ayudante de Gould en Estados Unidos, antes de su viaje a Córdoba, y que fue quien continuó la publicación del *Astronomical Journal* luego de la muerte del mismo.

### ***Determinación de la longitud del Observatorio Nacional***

Para un observatorio astronómico, en especial si se considera el caso del Nacional Argentino, por entonces dedicado principalmente a la astrometría, le era de suma importancia conocer con la mayor precisión posible su ubicación sobre la superficie terrestre. Por ello, luego de la primera medición provisoria realizada en octubre de 1870 con el antejo de paso y el telescopio cenital Würdemann<sup>17</sup>, en 1872 se plantea su determinación a partir de la medición de la diferencia de longitud con el Observatorio Astronómico de Santiago de Chile, dado que su posición era la mejor definida en la zona en aquel momento.

*“El punto de América del Sud cuya longitud respecto a meridianos europeos se halla en mejor determinada es el Observatorio de Santiago de Chile. Los anteriores directores de ese observatorio los Sres Gilliss y Moesta, no ahorraron fatigas en el empeño de determinar con la mayor precisión posible la longitud del antiguo observatorio con relación a Greenwich y Washington, combinando para ese efecto durante varios años los resultados suministrados por cronómetros, eclipses, ocultaciones de estrellas y otros fenómenos astronómicos. La posición del nuevo observatorio con relación al antiguo<sup>18</sup> ha sido fijado con todo el cuidado posible por su actual director el Sr. Vergara, de suerte que una prolija determinación de longitud entre el observatorio Chileno y el Argentino no solo será de mucho valor para ambos establecimientos en cuanto los habilitará para cooperar con más eficiencia en observaciones futuras, sino que le dará también a la longitud de este Observatorio en cuanto se refiere a Greenwich, París o Washington el mismo grado de precisión que ahora goza la longitud de aquel observatorio.” (Gould Informe al Ministro 1873)*

Gracias al telégrafo se evitaría un extenso trabajo similar al realizado

Gracias al telégrafo se evitaría un extenso trabajo similar al realizado por [Gilliss](#), que le demandaría largo tiempo.

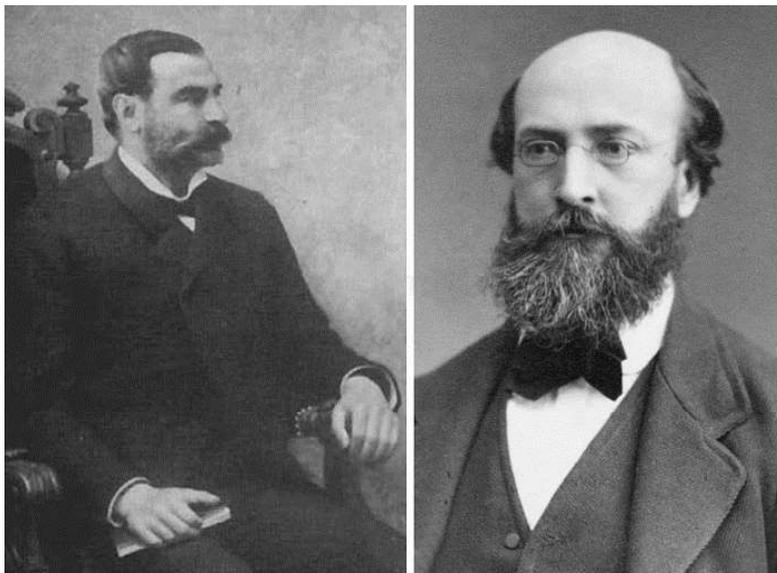
Con la anuencia oficial, Gould se comunica con [José I. Vergara](#)<sup>19</sup>, director sustituto del [Observatorio de Santiago](#), por estar el titular [Karl W. Moesta](#)<sup>20</sup> en Europa. Se acordó realizar la medición, ni bien la línea telegráfica transandina que se estaba tendiendo uniera las instituciones. Mientras se concretaba la ansiada conexión, en el observatorio de Córdoba se avanza con la medición de la ciudad de Rosario.

El nuevo tramo telegráfico, el primero internacional, que formaba parte de una red que se extendía rápidamente por todo el territorio, se inauguró el 26 de julio de 1872, con gran pompa y el intercambio de telegramas entre los impulsores de la iniciativa, de los presidentes argentino [Domingo F. Sarmiento](#) y chileno [Federico Errázuriz Zañartu](#).

Enterado de la proximidad de la finalización del tendido, el 19 abril, Gould escribe al Ministro del Interior [Dalmacio Vélez Sarsfield](#), recordándole su promesa de concederle tiempo de transmisión para la determinación de la posición del observatorio. Pero la carta queda sin contestación, debido al cambio de autoridades, por lo que el día 8 del mes siguiente debió dirigir otra misiva al nuevo ministro, [Nicolás Avellaneda](#). El permiso fue obtenido sin dificultad.

El 15 de septiembre, el Director inicia el contacto con el designado Administrador del Telégrafo Transandino [Juan E. Clark](#), a quien le anuncia que en Santiago los preparativos avanzaban a buen ritmo, por lo que pronto se haría la medición. Finalmente, luego de largos preparativos, se convino realizar una primera prueba el 22 de diciembre.

*“El veintidós, un poco antes de las nueve [21 h] de Córdoba, le mandaré los golpes de mi péndulo por una media hora. Hace cincuenta y nueve interrupciones del circuito cada minuto. Esperaré las interrupciones de Ud. cinco veces en cada minuto. También haré una interrupción irregular para no poder equivocarnos sobre el minuto.”* (Gould a Vergara 12/12/1872)



Izquierda, José Ignacio Vergara, director del Observatorio Nacional de Chile (*Imágenes de la Universidad de Chile, Ed. Univ. de Chile, Santiago 1977*). Derecha, Benjamin A. Gould.

Esquema explicativo simplificado de la técnica de medición de diferencia de longitud geográfica con el empleo del telégrafo, entre Santiago de Chile y Córdoba. Nota: p.e. significa “por ejemplo” (S. Paolantonio).



Gould avisa del ensayo al encargado de la línea transandina en Villa María, Domingo Toro, para que libere la línea, dado que a lo largo de la hora en que se intercambiarían las señales, el tramo involucrado no podía ser ocupado para transmitir mensajes. Todo estaba listo pero este intento fracasa.

El trabajo se interrumpe por una enfermedad que aqueja a [Vergara](#) y por estar ausente de Santiago. Recién en mayo de 1873 se reinicia la comunicación entre los directores, y se conviene una nueva prueba para el mes de junio. Días nublados y problemas en la línea hacen naufragar las tentativas.

Una vez más se produce un largo corte. En este período Vergara asume como interino al dejar [Moesta](#) la dirección del observatorio. Luego de casi 6 meses sin noticias, Gould escribe el 26 de diciembre de 1873 proponiendo un intercambio de señales el 20 de enero del año siguiente.

El lunes 20 estaba todo dispuesto, pero se desató una fuerte tormenta por lo que Gould temió que las señales no llegaran a destino y ocurriera otro fracaso. A pesar de esto, al día siguiente, Vergara escribió que había recibido las señales. Con alegría, ese mismo 21, se anunció por telegrama al Ministro Juan C. Albarracín, el éxito de la operación, con la realización de la primera determinación.

Por la noche, con dificultades debido a las nubes, se efectuaron las mediciones de las estrellas de tiempo que no se pudieron hacer el día anterior, actividad que repitió días posteriores, con lo que se consiguieron los datos necesarios para ajustar la hora del péndulo. Para este fin se emplean las estrellas de tiempo del Almanaque Náutico Americano.

El director del observatorio de la [Quinta Normal](#), envió una detallada carta el 22 de enero, con toda la información necesaria para que en Córdoba se realicen los cálculos de reducción, para obtener por primera vez un valor provisorio. Adjuntó las mediciones que realizó esa

misma noche con el círculo meridiano de la institución, de 12 estrellas ecuatoriales y circumpolares, para fijar la marcha y el error de su reloj. Para el intercambio, Vergara se desplazó a la oficina de telégrafos de Santiago, en la que instaló todos los elementos, mientras que la hora la “transportó” personalmente con un cronómetro de marina fabricado por Parkinson & Frodsham de Londres, de tiempo medio, que contaba con un interruptor eléctrico para comandar el relé. También agregó a la misiva un diagrama del circuito utilizado.

Los cálculos dieron como resultado una diferencia de longitud de 25 minutos 56,45 segundos, con un error probable de 0,5 s. Lo que implicaba una longitud para Córdoba de 4h 16min 45,9s al oeste de Greenwich, a partir de las de Santiago, fijadas en 4h 42min 42,4s.

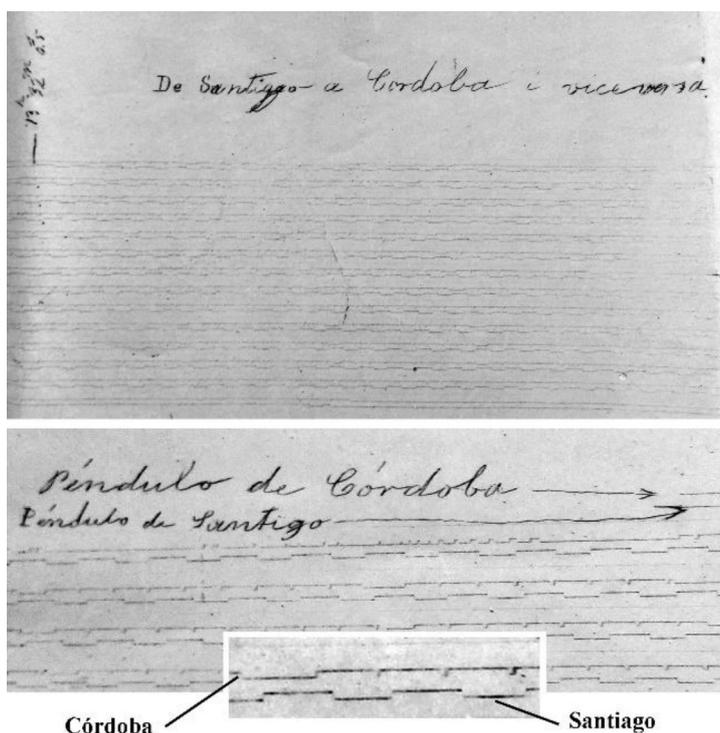
A partir de ese momento se realizaron nuevos intentos. Gould en más de una oportunidad anima a Vergara a continuar con el esfuerzo, y agradece reiteradamente su predisposición. La medición se había prolongado mucho más de lo pensado, y sin dudas el que más tenía que perder era el director argentino.

Pero nuevamente un imprevisto afectaría el proyecto, solo dos días más tarde de esta misiva, ocurre la tragedia con las dos hijas mayores de Gould. El director viaja con su familia y los cuerpos a EE.UU..

El 17 marzo de 1874, [Vergara](#) es designado Director Titular por Decreto Supremo.

Gould regresa en febrero de 1875, y en abril se retoman los trabajos. En primer lugar gestiona la liberación de la línea telegráfica con el Inspector General de la línea Transandina, Alejandro Voglino<sup>21</sup>, de Villa María, quien colabora en repetidas ocasiones con los trabajos del Observatorio.

El 1 de mayo finalmente tienen éxito. El 18 de ese mismo mes, Vergara es designado intendente de la provincia de Talca, lo que comenzó a restarle tiempo al de director del observatorio, puesto que



Copia del registro cronográfico del 22/12/1875 enviado por Vergara a Gould. Incluye las señales de ambos péndulos. En el recuadro inferior, se aprecia la diferencia de la forma en que los interruptores de los relojes manejaban la corriente. El de Córdoba, interrumpía la corriente cada segundo por un período muy breve, mientras que el de Santiago, lo hacía a lo largo de todo el segundo, segundo de por medio ([Paolantonio, 2020a](#)).

retuvo.

El último intento ocurrió el 22 de diciembre de 1875. En total se pudieron utilizar los intercambios de los días 1, 17 y 21 de mayo, y 22 de diciembre, mientras que el de 1874 fue desechado por no ser considerado suficientemente preciso. El promedio de las mediciones resultó ser 0h 25min 57,9s con un error probable de 0,2 s, y como longitud de Córdoba se adoptó 4h 16min 44,5s al oeste de Greenwich.

La medición de la diferencia de longitud entre Córdoba y Santiago de Chile, es un claro ejemplo de las dificultades que se encontraban en la aplicación del método empleado, así como de la perseverancia y determinación de los dos astrónomos involucrados, Gould y Vergara.

### *El vínculo con Greenwich*

Entre los años 1877 y 1878, se otorgó apoyo a la Expedición Naval de EE.UU., dirigida por Francis M. Green, Charles H. Davis y John A. Norris, para las determinaciones geográficas de la costa atlántica de América, por medio de los cables submarinos telegráficos que existían en el momento. En esta zona, para la definición de las latitudes, por falta de estrellas de referencia, se recurrió al Observatorio Nacional Argentino para confeccionar un catálogo de coordenadas precisas adecuado para la tarea.

En esta oportunidad, Davis determina la longitud de Montevideo, obteniendo un valor de 3h 44min 48,94s al oeste de Greenwich. En 1878, hizo lo propio con Buenos Aires respecto de Montevideo empleando el telégrafo, y obtiene un valor de 3h 53min 29,2s oeste. El lugar utilizado en la medición realizada por el Observatorio Nacional en 1872, estaba ocupado entonces por el edificio de la Oficina de Correos y Telégrafos, por lo que Davis mide la distancia y el rumbo al mulle del puerto de la ciudad, situado a 228 pies (71 metros), a partir de lo cual define la posición en latitud sur  $34^{\circ} 36' 31,07''$  y longitud oeste 3h 53min 29,2s, lo que coincidía con el valor medido respecto de Montevideo.

Años más tarde, en 1883, el Teniente Comandante Charles H. Davis dirige una nueva expedición, esta vez para realizar las mediciones de la costa del Pacífico. De este modo se logra cerrar, junto a lo realizado en campañas anteriores, una gran poligonal alrededor de gran parte de América, vinculada a Greenwich.

En la zona del sur de América, la poligonal contó con los siguientes puntos: Paita, Arica, Valparaíso, Córdoba y Buenos Aires. Valparaíso



fue posible fijar la del círculo meridiano del Observatorio. En los Resultados del Observatorio, Volumen XII, publicado en 1889, se indica la siguiente posición geográfica: latitud  $31^{\circ} 25' 15''$ ,46; longitud 4 h 16 min 48,19 s medida por el Atlántico, 4 h 16 min 48,24 s medida por el Pacífico.

El resultado de la campaña es publicado por el Hydrographic Office U. S. Navy en 1885, y en la portada se indica que fue realizada con la cooperación de Benjamin A. Gould, director del Observatorio Nacional Argentino<sup>24</sup>.

En 1885, el Director proporciona una síntesis de las mediciones disponibles de la posición del observatorio, estableciéndola en 4h 16min 48,2s oeste y  $31^{\circ} 25' 15,46''$  sur<sup>25</sup>.

Años más tarde, en 1922, durante la dirección de [Charles D. Perrine](#), se adquiere un receptor de radio cuyo propósito era posibilitar la comunicación directa con otros observatorios, para el intercambio de señales de tiempo. Las primeras experiencias, en julio de 1923, logran establecer a lo largo de 5 días, un débil contacto con Arlington, cerca de Washington. A pesar que se construye una antena más alta, se concluye que era necesario un equipo más sensible. Estos intentos ocurren poco antes del inicio de la demolición de la vieja sede del Observatorio.

Terminada la construcción del nuevo edificio, el primer astrónomo **Meade Zimmer**, en noviembre de 1930, utiliza un receptor de onda corta<sup>26</sup> junto con un relé de tubo de neón, y logra una buena comunicación con Arlington, EE.UU., oportunidad en que realiza una grabación automática de señales de tiempo. En abril del mismo año había concretado otra medición con Annapolis, Washington.

La longitud geográfica hallada resulta ser 1 segundo menor a la admitida hasta ese momento, valor que confirmaba mediciones preliminares realizadas en 1926, 4h 16m 47,16s  $\pm 0,007$ s oeste, considerado en la actualidad como correcto. Zimmer se manifiesta sorprendido que las mediciones realizadas por las expediciones de Green y Davis, hayan tenido ambas, errores de un segundo en sus mediciones de Buenos Aires y



**Meade Zimmer** con el equipo experimental para recibir señales de radio para la medición de la longitud geográfica del observatorio el 24/4/1924.

Lugar	Valores obtenidos		Punto en el cual se efectuó la observación	Intervinieron	Comentarios	
	Latitud Sur	Diferencia Longitud respecto de Córdoba (+ oeste / - este)				
Rosario	32° 56' 41",7	-0h 14min 14,48s	Casa de la esquina N.E. de las calles Progreso y San Luis	Gould y Thome en Córdoba	Abril - mayo 1872 Casa de Pompeyo Moneta	
Buenos Aires	34° 36' 21",4	-0h 23min 18,88s ±0,03s	Pilar en el patio redondo de la casa de Gobierno	Pompeyo Moneta	Luego edificio Correos y Telégrafos. Mayo 1872	
Río Cuarto	33° 07' 19"	+0h 00min 30,4s	Centro de la plaza	<i>Williams Davis</i>	15/3/1873	
Mendoza	32° 53' 00"	+0h 18min 30,6s	Centro de la plaza Loreto		28 y 29/3/1873, se repite entre marzo y abril de 1879	
Salta	24° 46' 30"	+0h 04min 50s	Centro de la plaza		junio 1873	
Paraná	31° 43' 45"	-0h 14min 39,8s	Azotea de la Escuela Normal	Thome y <i>Bigelow</i>	4, 5 y 6/9/1875	
La Paz	30° 44' 27"	-0h 18min 15,3s	Plaza Principal		8/9/1875	
Corriente	27° 27' 55"	-0h 21min 28,7s	Colegio Nacional		17 y 18/9 y 5/10/1875	
Asunción (Paraguay)	25° 17' 32"	-	Plaza del Mercado		Falla el reloj que mantenía la hora desde Corrientes, último punto al que llegaba el telégrafo.	
Villa Occidental (Paraguay, Villa Hayes)	25° 06' 22"	-	Patio de la Comandancia			
Goya	29° 09' 06"	-0h 19min 43,6s	Plaza principal			11 y 12/10/1875
Santa Fe	31° 40' 13"	-0h 13min 55,4s	Plaza de la catedral (Hoy San Martín)			18/10/1875
Villa Mercedes	31° 41' 30"	-	Plaza del Cuatro		Gould y <i>Bigelow</i>	23 y 24/10/1875
San Luis	33° 18' 31"	+0h 08min 34,25s	Plaza de la Independencia			26/10/1875, Williams Davis realizó mediciones fallidas en 3/1873
Villa María	32° 25' 05"	-0h 03min 49,9s	Estación del Ferrocarril			30/10/1875
Santiago de Chile	-	+0h 25min 57,9s posible error 0,20s	Observatorio Nacional Argentino – Observatorio de Santiago de Chile – Quinta Normal	Gould en Córdoba José I. Vergara en Santiago	Observaciones del 20/1/1875 1, 21/5 y 22/12/1875	
Tucumán	26° 50' 31"	+0h 04min 00s	Casa de la Independencia		1876	
Santiago del Estero	27° 47' 12"	+0h 00min 15s	Centro de la Plaza	Thome	9 y 10/9/1879	
Valparaíso (Chile)	-	0h 29min 46,20s ±0,04 s	Estación de Valparaíso	Gould en Cha C. N. Davis en Valparaíso	Noviembre y diciembre de 1883	
San Juan	31° 32' 10"	+0h 17min 17s	Patio Escuela Normal de Maestras	Thome y Frances Wall	5, 6 y 7 octubre 1886	
Gral Acha	37° 22' 33"	+0h 01min 37s				
Rosario de la Frontera	25° 48' 02"	+0h 03min 03s				
Jujuy	24° 10' 54"	+0h 04min 41s	Desconocido			
Humahuaca	23° 12' 17"	+0h 04min 58s	Desconocido			

Lista de localidades con posiciones geográficas determinadas por el Observatorio Nacional Argentino hasta 1900.

Valparaíso. En cuanto a las determinaciones de diferencia de longitud de estas dos localidades realizadas desde el Observatorio Nacional las considera correctas.

En 1933, entre el 1<sup>er</sup> de octubre y el 15 de diciembre<sup>27</sup>, se participó de la Segunda Campaña Internacional de Determinación de Longitudes, mediante el empleo de señales horarias inalámbricas emitidas desde distintas estaciones, tal como Bordeaux, en Francia, Annapolis y Maryland en EE.UU., Saigon (Ho Chi Minh, entonces bajo dominio francés) y Malabar, Java. El objetivo de estas campañas (la primera realizada en 1926 y la tercera en 1958) era determinar la mayor cantidad de posiciones con las técnicas astronómicas más actualizadas de determinación del tiempo, y en lo posible utilizando las emisiones de

radio de ondas largas. En Córdoba, no se puede conseguir un receptor adecuado, por lo que se empleó el de ondas cortas, con el que se realizan más de 300 comparaciones con 15 estaciones distintas. La longitud hallada de la institución, confirmó la determinada con anterioridad.

### ***Medición de la diferencia de longitud con el Observatorio Astronómico de La Plata***

Teniendo en cuenta la mencionada importancia que para los observatorios tiene la determinación de su ubicación sobre la Tierra, es razonable pensar que luego de la inauguración de la [segunda institución astronómica del país en La Plata](#), dependiente del Gobierno de la provincia de Buenos Aires, una de las primeras tareas que se planteara fuera la medición de la diferencia de longitud entre los mismos. Medidas las posiciones absolutas y relativas a otras instituciones del mundo, permitiría de este modo aumentar la certidumbre que se tendría de las propias.

Sin embargo, tal como lo expresa el director del observatorio bonaerense, [Virgilio Raffinetti](#), esto aún no se había realizado para 1902:

*“Ignoramos las causas que impidieron al ilustre director [F. Beuf] determinar directamente, por telégrafo, la diferencia horaria entre este Observatorio y el de Greenwich o París, o más fácilmente, con el Nacional de Córdoba, cuya diferencia horaria con Greenwich, obtenida directa e independientemente por los cables telegráficos del Atlántico y del Pacífico, dio entre ambas una diferencia de pocos centésimos de segundos de tiempo, según me lo expresó personalmente el director de aquel Observatorio Nacional, Dr. Juan M. Thome.”* (Raffinetti, 1902)

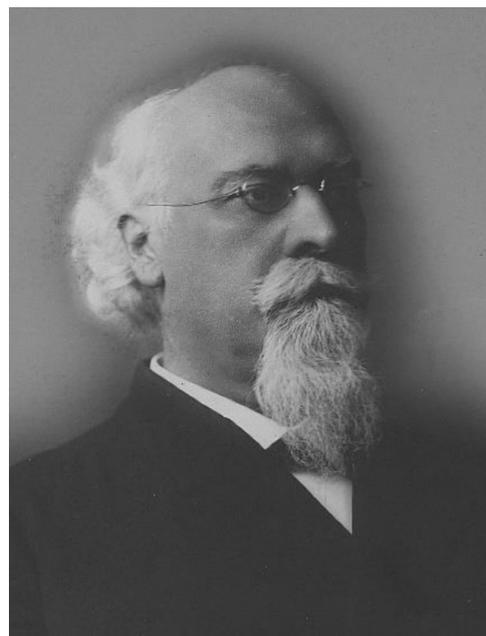
La razón de no haberse realizado el trabajo, tal vez se encuentre en la poca simpatía que existió entre los dos directores fundadores de ambas instituciones astronómicas.

En febrero de 1902, comisionado por el Gobierno de Buenos Aires, Raffinetti visita el Observatorio de Córdoba. En esa ocasión conviene con Thome la realización de la demorada medición por medio del telégrafo. Se gestiona la liberación de una línea telegráfica directa entre las ciudades de La Plata y Córdoba, por un intervalo de media hora, en tres domingos sucesivos a partir de mayo.

El método consistiría en el envío de siete señales espaciadas diez segundos entre cada una, primero emitidas desde La Plata y a continuación desde el observatorio de Córdoba. Las series de señales se repetirían tantas veces como fuera posible a lo largo de la media hora en que la línea estaría disponible.

La primera oportunidad se presenta el 18 de mayo. Diversos inconvenientes relacionados con la puesta a punto del método, solo permitieron realizar dos series de señales, por lo que se consideraron como una práctica y no se utilizaron para los cálculos definitivos. El domingo siguiente, la línea permaneció interrumpida, lo que mereció una nueva gestión de Raffinetti ante el Director General de Telégrafos de la Nación, la cual dio buenos resultados, liberándose en forma efectiva la línea para el domingo siguiente y uno posterior como compensación del perdido. Finalmente, el 1 y 8 de junio se pudieron realizar numerosas series con resultados positivos, cuatro en el primer día y ocho en el segundo.

El trabajo fue publicado con fecha 25 de junio de 1902, en la Memoria que el [Observatorio Astronómico de La Plata](#) envió al Ministro de Obras Públicas de Buenos Aires, indicando Raffinetti que el valor encontrado difería en solo 0,4 segundos menor del aceptado hasta ese momento, 0 h 25 min 3,6 s, obtenido años antes por diferencias con el meridiano de Greenwich, luego de realizar medidas entre La Plata y Montevideo. La longitud resultó 3 horas 51 minutos 45,035 segundos al oeste de Greenwich.



John Macon Thome, segundo director del Observatorio Nacional Argentino.

### *El meridiano de referencia*

Mientras que la latitud geográfica fue siempre medida con referencia al ecuador, existiendo coincidencia generalizada en esto, no ocurría lo mismo hasta fines del siglo pasado con las longitudes geográficas. La adopción de un meridiano “cero”, arbitrario en sí, produjo una seria discordancia en los registros de las longitudes, pues cada nación elegía uno distinto conforme su conveniencia. Se tomaban entonces como origen entre otros, al de París, Washington, Greenwich o San Petersburgo. En Argentina se utilizaba el de Córdoba, Buenos Aires, o el de Santa Fe. Esto sin dudas constituía una gran desventaja para todos



Asistentes al [Congreso Internacional de Washington de 1884](https://webspacescience.uu.nl/~gent0113/idl/images/imc_1884.jpg)  
([https://webspacescience.uu.nl/~gent0113/idl/images/imc\\_1884.jpg](https://webspacescience.uu.nl/~gent0113/idl/images/imc_1884.jpg))

los usuarios, en especial para las marinas mercantes y para los usos militares, generando un verdadero caos en las determinaciones geográficas.

En la Conferencia Geodésica Internacional reunida en Roma en octubre de 1883, se instó la adopción de un meridiano general de referencia cosmopolita, proponiendo el de Greenwich, y la adopción de una hora universal, entre otras cuestiones. Gould fue consultado sobre este punto por el Ministro de Justicia, Culto e Instrucción Pública, [Eduardo Wilde](#). En la contestación al

requerimiento del 15 de mayo de 1884<sup>28</sup>, se pronuncia favorablemente a la aceptación del meridiano británico como origen, opinión que ya tenía y era compartida por muchas personalidades de la época. Realiza una detallada enumeración de las razones que apoyan su empleo, que sintetiza en tres puntos:

- “- que es el más generalmente usado, puesto que ya se emplea por mucho más de mitad de todos los buques de mar,
- que llena todas las condiciones científicas que pueden exigirse;
- y que es probablemente el único que pudiera conseguir la aceptación universal.” (Gould a Wilde 15/5/1884)

En cuanto a la resolución número cuatro, acepta que se indiquen las longitudes de 0 a 24 horas, pero se opone firmemente a que sean contadas en dirección Este, “...en sentido opuesto al que corresponde al movimiento diurno de la Tierra...”, sostiene que la forma de hacerlo debería ser sin dudas al Oeste.

En el [Congreso Internacional de Washington en 1884](#), en el que estuvieron representados 26 países, finalmente se resolvió tomar a este meridiano como cero para los estudios de las ciencias astronómicas y geográficas<sup>29</sup>. La hora universal no tuvo consenso, recién en el Congreso Internacional de la Hora celebrado en París en 1912, se estableció el sistema de husos horarios. Estaban presentes [Milles Rock](#),

uno de los primeros ayudantes del Observatorio, que representaba a Guatemala (estaba trabajando en la demarcación de límites) y [Lewis Rutherford](#), el amigo de Gould con el que trabajó con la fotografía astronómica (ver capítulo 7). La adopción del meridiano de referencia por parte de la República Argentina no fue inmediata. El Ministro santafesino Gabriel Carrasco en 1893 señala:

*“Grandes dificultades científicas, a que se agregan otras no menores de carácter nacional y político, ha impedido hasta ahora, la adopción de un meridiano universal, habiéndose dividido las naciones en dos grandes partidos. Las unas, a cuya cabeza se encuentra la Francia, miden las distancias geográficas, a contar desde el meridiano de París; las otras, entre las cuales se cuentan Inglaterra, Alemania, Estados Unidos, la mayor parte de las naciones americanas, decidieron por gran mayoría ..., que el meridiano de Greenwich sería tenido por inicial para los estudios astronómicos y las ciencias geográficas. Entre nosotros, por resolución de nuestra más elevada autoridad geográfica – el Instituto Geográfico Argentino – se decidió adoptar ese último meridiano, resolución puesta en práctica desde luego y consagrada por la publicación del Atlas de la República Argentina.”* (Carrasco, 1893; pp. 8-9)

En 1910, el Diputado Nacional por Buenos Aires, Eduardo Castex presentó un proyecto de ley en este sentido. El 6 de octubre envió al director del Observatorio, [Charles Perrine](#), la propuesta para su análisis y opinión. El Director contesta prontamente el día 15, indicando su total acuerdo y señalando “...tal cambio [el del meridiano de referencia] es en todo conformidad con la marcha del progreso” (sic). Sin embargo, en ese momento se presentó oposición a tal cambio, por ejemplo, el cordobés [Martín Gil](#)<sup>30</sup> escribe en los diarios La Nación y La Voz del Interior el 13 y el 16 de julio de 1911, extensas notas argumentando en contra de la propuesta, cuestionando principalmente que se tome como referencia el meridiano británico en detrimento del francés, haciéndose eco de la discusión que se planteó en el comité internacional que definió el tema. Castex fallece en 1912 y la modificación debió esperar una década para que se concertara.

Finalmente, el 1 de mayo de 1920, se adopta como meridiano de referencia el de Greenwich por el decreto del 24 de febrero, era presidente Hipólito Irigoyen. En el informe al Ministro de ese año, el entonces director Perrine señala:

*“A medianoche de Abril 30 – Mayo 1, la hora oficial fue cambiada del de la meridiana del Observatorio de Córdoba al del Meridiano 4h 0min 0s Oeste de Greenwich.”* (Perrine a Salinas 8/1/1921)

### ***Arco de meridiano***

A fines de 1882, por sugerencia de astrónomos franceses que se encontraban en Argentina para observar el tránsito de Venus, el Inspector de Escuelas [Paul Groussac](#)<sup>31</sup>, inmigrante francés, haciendo propia la idea del gobernador de la provincia de Buenos Aires, Dardo Rocha, propone al Gobierno Nacional realizar la medición de un arco de meridiano y efectuar trabajos de triangulación geodésica del país. El Contra Almirante [Ernest Mouchez](#), director del [Observatorio de París](#), que colaboraría con la fundación del Observatorio Astronómico en la ciudad de La Plata, dependiente de Buenos Aires, plantea la importancia de este trabajo en una carta dirigida al Ministro de Obras Públicas de esa provincia, [Manuel B. Gonnet](#), publicada en la prensa porteña:

*“Esto permitirá además, a la República Argentina, hacer un grandísimo servicio a la ciencia, dando la medida de un gran arco de meridiano en el hemisferio sud.”* (Mouchez, La Nación, 2/9/1882)

Estas tareas tenían como objetivo la determinación de la forma de la Tierra, un emprendimiento en que Francia había estado involucrada desde mucho tiempo atrás.

Como consecuencia, al año siguiente el Ministro [Eduardo Wilde](#) consulta al observatorio cordobés sobre la factibilidad del emprendimiento. Estando ausente el Director y a cargo del establecimiento **John Thome**, éste contesta la requisitoria.

*“... de indudable utilidad, relativamente fácil ejecución en terreno pampeano como éste, de gran interés científico y su realización será de provecho para el país entero...”* (Thome a Wilde 15/09/1883)

Más allá de su opinión favorable, aclara que no correspondería la realización de la tarea al Observatorio Nacional. Señala además, que la persona más adecuada para responder la consulta era Gould, dada su

amplia experiencia en estos temas por haber trabajado en el Coast Survey de EE.UU..

El Director se encontraba en su patria desde hacía unos meses, oportunidad en que fallece su esposa y regresa a Córdoba dejando sus hijos a los abuelos.

A su llegada, a fines de octubre, a pesar de lo indicado por Thome, Gould se expresa en contra del proyecto. En Ortiz 2005 se señala que posiblemente la razón de esta opinión se relacionaba con que el Director pensaba que la propuesta era simplemente un intento de sacarle dinero al estado. En diciembre de 1883 el Ministro Eduardo Wilde desestimó por razones económicas la propuesta, disponiendo el archivo de las actuaciones.

La opinión de Gould, que truncó el emprendimiento, seguramente le ganó la antipatía de los franceses que tenían especial interés en el mismo.

Recién en 1936 el gobierno argentino crea una comisión para la medición del arco de meridiano, esta vez por pedido de la Unión Internacional de Geodesia. Las tareas, que estuvieron bajo la dirección del astrónomo [argentino Félix Aguilar](#) (del cual se hará referencia en el capítulo 25), demandaron muchos años y terminando bien entrada la segunda mitad del siglo XX<sup>32</sup>.

### *Unificación horaria*

Una de las grandes cuestiones pendientes cuando se inauguró el Observatorio era la unificación de la hora a nivel nacional e internacional, problema íntimamente ligado a la elección de un meridiano de referencia para la determinación de las longitudes geográficas en plena discusión por aquel entonces, como se indicara.

En Argentina existía una verdadera anarquía horaria. Cada ciudad importante contaba con una hora distinta al resto y, en el mejor de los casos, lograba uniformar la misma en su ámbito. En la ciudad de Rosario, aún en 1893, sus habitantes debían soportar tres horas distintas:

*“...en una reunión de seis personas, es raro que se encuentren dos que tengan la misma hora.” (Carrasco, 1893)*

Mientras la comunicación entre los centros poblados se realizaba por medios que empleaban días en unirlos, estas diferencias no

acarreaban grandes problemas<sup>33</sup>. Pero la llegada del ferrocarril y el telégrafo tornó crítica la situación y exigió una pronta unificación horaria en todo el país. Era común que los pasajeros perdieran sus trenes o vapores ya que cada línea utilizaba una hora distinta, mientras que con el telégrafo se daban situaciones insólitas, tales como la que ocurría en algunas oportunidades cuando ¡la hora de recepción de un mensaje era anterior a la de su emisión!

Tampoco resulta superfluo reconocer la falta total de referencia temporal en los centros urbanos aislados. Se ponían en hora al detenerse los pocos relojes existentes, cuando los había, por simple estima de la posición solar, o se ajustaban con la hora transportada por los ocasionales viajeros que los portaban. Sin eludir el hecho cierto de los errores acumulados diariamente por ser en general sistemas mecánicos comerciales ordinarios; salvo los de uso profesional que se ajustaban astronómicamente con tablas, teodolitos, etc. Situación dramática por cierto. En 1873 Gould relata:

*“Y las mismas causas que según mi propia experiencia diaria, producen algunas veces en Córdoba un error de 30 a 40 minutos en el tiempo local, a pesar de que el verdadero puede obtenerse de las oficinas del ferrocarril, de los telégrafos y en las principales relojerías, no menos que en el mismo observatorio, no dejarán seguramente de influir donde no existen otros medios de procurársele. El tiempo es regulado de ordinario por las campanas de las iglesias que tocan nominalmente a ciertas horas, por relojes arreglados en cuadrantes a la vez mal colocados, observados por lo común sin mucho cuidado, y usando siempre con prescindencia de la ecuación del tiempo.” (Gould,1873)*

Como antecedentes se puede destacar lo realizado por el italiano [Octavio Mossotti](#) en la década de 1830, el que, con un anteojo de paso pequeño, observó diariamente el tránsito del Sol por el meridiano con el objeto de ajustar los relojes para los buques fondeados en el puerto de la ciudad de Buenos Aires.

La solución de la falta de unidad en la hora, pasó a un primer plano de importancia en la discusión común. El Observatorio cumpliría un papel primordial en ella, por poseer un reloj normal preciso y el círculo meridiano anexo, que constituían los medios necesarios para emitir la hora con la regularidad y precisión requerida en los usos civiles.

Desde 1872 se comenzó la transmisión de la hora para uso del ferrocarril y de los telégrafos. Por solicitud del Administrador del

Ferrocarril Central Argentino se dispuso desde el 17 de octubre la emisión por el telégrafo de una señal anunciando las 11 horas de Córdoba todos los días jueves.

En el informe del año 1872, Gould destaca:

*“Las molestias y responsabilidad ocasionadas por este compromiso, son a mi juicio insignificantes, en comparación del beneficio público que de él resulta, ...”* (Gould, Informe al Ministro 1872).

El Director estaba decidido a asumir un papel protagónico en este tema.

Lamentablemente, en un comienzo no siempre fue bien aprovechado este servicio provocando protestas de Gould en más de una oportunidad, el que finalmente suspende el envío el 9 de enero de 1873, pasando a emitir la señal por el telégrafo a Villa María.

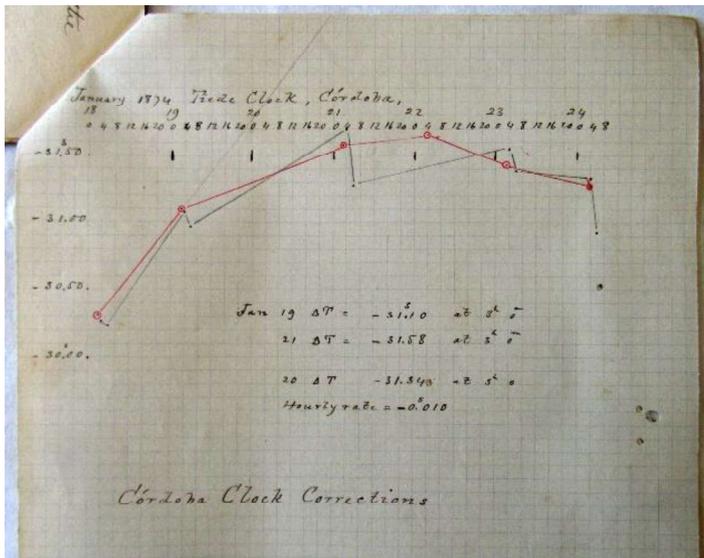
El Gobierno Nacional, con la firma de Simón de Iriondo, dispone desde el 25 de febrero de 1875 la transmisión a las 11 horas de Buenos Aires<sup>34</sup>:

*“...cortando la corriente a las once de B<sup>s</sup>A<sup>s</sup> lo que corresponde a diez horas treinta y seis minutos, cuarenta y un segundos con un décimo en tiempo de Córdoba.”* (Gould, 1875a)

Con este fin, se intercalaba un relé comandado por el interruptor del [péndulo del reloj Tiede](#), en serie con el circuito del telégrafo, de modo que cortaba la corriente del mismo a la hora señalada, con un error que en general era menor a la décima de segundo. A pesar de la simpleza de la propuesta, las malas condiciones de las líneas impedían una llegada regular de estas señales.

Para obtener la precisión adecuada, cada vez que el tiempo lo permitía, se observaba con el círculo meridiano las denominadas “estrellas de tiempo”, las que, teniendo posiciones conocidas para cada día, permitía conocer la marcha y error del reloj. Si bien el Tiede tenía un péndulo compensado de parrilla, como ocurría con todas las máquinas de la época, seguía estando afectado por las variaciones de temperatura, aunque en menor grado, y por las de la presión atmosférica. De hecho, Gould señala que el reloj de la institución estaba ligeramente sobre corregido.

Dado que las observaciones de las estrellas de tiempo eran requeridas para las mediciones destinadas a los catálogos estelares que



Ejemplo de gráfica para definir la corrección del reloj (Tiede) realizada con motivo de la determinación de la diferencia de longitud con Santiago de Chile del 20/1/1874. En cada noche se observa las estrellas de tiempo y se determina la diferencia entre lo que marca el reloj y la hora hallada. Por ejemplo, el 19/1, el péndulo estaba atrasado 31 segundos y el 21, 31,5 s, deduciendo un valor para el 20 de 31,54 s en atraso. La noche del 20 hubo una tormenta por lo que no se pudo observar las estrellas de tiempo.

se llevan adelante, en general se disponía sin mayores esfuerzos de los datos necesarios para la emisión de la hora.

Las estrellas de tiempo utilizadas eran las incluidas en el American Ephemeris and Nautical Almanac. Sin embargo, debido que este almanaque contaba solo con 4 estrellas circumpolares australes, necesarias para las mediciones, el observatorio debió emprender la elaboración de una lista de 54 nuevas estrellas.

Finalmente, como el reloj patrón daba la hora sidérea, antes de ser emitida, se debían realizar los cálculos correspondientes para pasar a hora media.

Buenos Aires, como todas las grandes ciudades, contaba con el problema de la distribución de la hora en el ámbito de su ejido. En una nota de noviembre de 1875, en la que Gould asesora al Ministro del

Interior sobre una propuesta realizada por el Administrador de Telégrafos para distribuir la hora, le plantea como una posibilidad el empleo de un disparo de cañón a una hora determinada, tal como se hacía entonces en Edimburgo, para informarla a nivel local<sup>35</sup>.

En Córdoba existían buenos relojeros. En el diario *El Eco de Córdoba*, del 15 de enero de 1879, aparece una noticia donde se hace referencia a que la relojería Perrin Hnos construyó un reloj de regular tamaño, que “colocado en el negocio viene a salvar una necesidad para la gente, ... arreglado con el del Observatorio unido a un cronómetro por medio de un hilo eléctrico, así que cada movimiento correspondiente en la máquina del reloj nuestro” (sic), rematando finalmente con un “¡qué hábiles!”. Esta relojería se encarga del mantenimiento de los aparatos de la Oficina Meteorológica, su vínculo con el Observatorio Nacional fue largo, se registran pagos por trabajos realizados en la primera década del siglo XX<sup>36</sup>.

En 1886, el entonces director [Thome](#), reiteraba al Ministro del cual dependía la institución, la conveniencia de emplear una hora nacional común a toda la república basada en el meridiano que pasaba por el círculo del observatorio. La estratégica posición de Córdoba en el centro de la nación, hacía que la diferencia de tiempo verdadero con los

puntos más distantes nunca sea mayor a 24 minutos, constituyendo una gran ventaja adicional la existencia en ésta del entonces único Observatorio Nacional.

La idea se comenzó a concretar cuando el 5 de octubre de 1891 Gabriel Carrasco, Intendente de Rosario de la provincia de Santa Fe, envió al Concejo Deliberante de esa ciudad un proyecto de ordenanza para que se declarara como hora legal del municipio la hora media de la ciudad de Córdoba, emitida por el Observatorio Nacional. Aprobada la propuesta, la ordenanza correspondiente fue sancionada el 13 de octubre y puesta en vigencia ese mismo día.

Al año siguiente, habiendo Carrasco asumido como Ministro de Agricultura, Justicia e Instrucción Pública del gobierno santafesino de Juan M. Cafferata, promovió la adopción de igual medida en el ámbito provincial. El Ministro justifica la propuesta en un folletín, destacando varias ventajas políticas y prácticas:

*“El desarrollo cada vez más rápido de las comunicaciones materiales e intelectuales por toda la superficie del globo, que permite al hombre circundarlo en sesenta días y al pensamiento comunicarse por todas las naciones con la rapidez del relámpago, por medio del telégrafo y del teléfono; y la necesidad de uniformizar los grandes servicios internacionales, ha producido ya reformas importantísimas que contribuyen al bienestar de todo el género humano.”* (Carrasco, 1893; pp. 7-8)

*“La unidad horaria, como unidad postal, constitucional, etc., sería un nuevo vínculo de unión para la familia argentina.”* (Carrasco, 1893; p. 21)

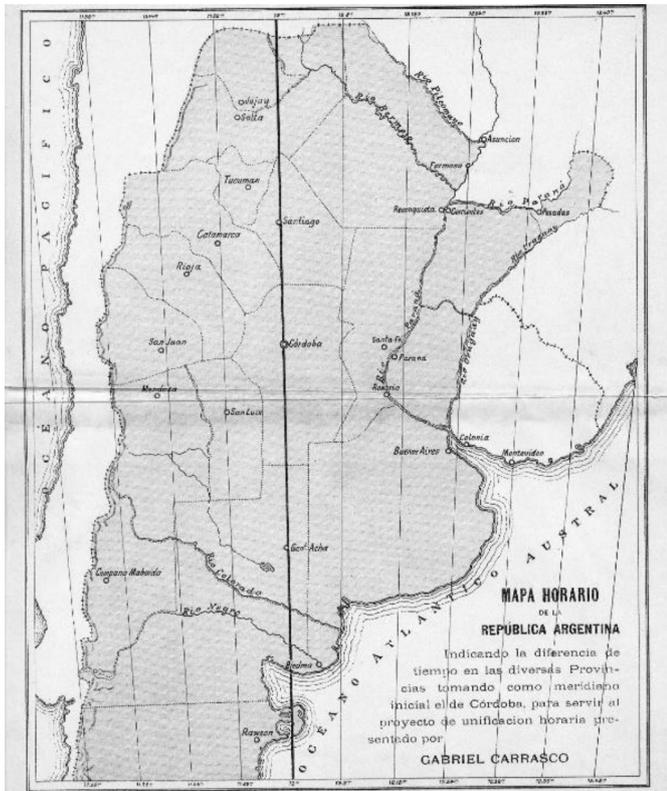
Pone como ejemplo lo realizado en Francia, nación que adopta la unificación por propuesta de la municipalidad de Marsella, con la que de algún modo se compara. Realiza una detallada argumentación de la conveniencia de adoptar el meridiano de Córdoba, por la presencia del único observatorio nacional (el de La Plata era provincial) y por estar equidistante en longitud a los distintos puntos del país.

También plantea el uso de la indicación de la hora de 0 a 24:

*“Si entre nosotros estuviera actualmente en uso la costumbre que hasta pocos años ha existido en ciertas ciudades de Italia, de contar*



Ministro Gabriel Carrasco (*Ciencia Hoy*, 2009 V.19 N°112 p.39)



Mapa presentado en el trabajo sobre la unificación horaria (Carrasco 1893). Se señala el meridiano de referencia propuesto, que pasa por el Observatorio de Córdoba. Ver también la fotografía destacada al inicio de este capítulo.

*popularmente las horas de una a veinticuatro, como es práctica en la ciencia astronómica, a nadie llamaría la atención que dijéramos que son las catorce o las diez y seis para indicar las dos o las cuatro de la tarde.”* (Carrasco, 1893; p. 19)

Destaca que en Inglaterra existía la unificación hacía ya 43 años, y que también habían procedido en ese sentido Suecia, Italia, Prusia, EE.UU. y Japón, para luego indicar:

*“Si la República argentina adopta su hora nacional, habrá dado a la América un hermoso ejemplo que será indudablemente seguido por aquellas naciones del continente...”* (Carrasco, 1893; p. 25)

Finalmente señala:

*“El péndulo oscilante en la sala meridiana del Observatorio Nacional de Córdoba, reglaría en el mismo instante todas las relaciones de la vida de la nación y como un corazón gigantesco transmitiría sus pulsaciones a todo el país. De un golpe se habría destruido la anarquía horaria que actualmente existe. Todos los telégrafos, funcionando a un mismo horario, darían el tiempo exacto de su recepción y transmisión, ...”* (Carrasco, 1893; p. 22)

La ley se sanciona el 7 de noviembre de 1892. En esa misma fecha, el Ministro, en forma oficial, envió a todos los gobernadores provinciales una copia de la ley, anunciando su propósito de extenderla a toda la nación. También fue remitido un duplicado al director del observatorio cordobés.

El 16 de noviembre respondió el Ministro de Gobierno de Córdoba, Nicolás Berrotarán, manifestándole que “... en el deseo de que la referida Ley se convierta cuanto antes en una de la Nación, le dedicaré la atención que S.S. indica.”. Lo propio hizo el salteño José M. Outes, el 21 de noviembre, el jujeño Benjamín Carrillo el 22 del mismo mes,

el sanjuanino A. Albarracín y el riojano J. de D. Vera, el 23; el mendocino Jacinto Álvarez el 28, el entrerriano Salvador Maciá lo hizo el 3 de diciembre y el catamarqueño Félix Avellaneda el día 6.

Con fecha 18 de noviembre [Thome](#) destaca:

*“Desde hace años, en las grandes naciones del mundo, hombres eminentes de todas las profesiones, han trabajado por la realización de la idea de una hora universal y, me complace sobremanera ver colocado entre sus nombres, el del ilustrado y progresista señor ministro Dr. Carrasco.”*

Horario del ferrocarril de 1899 publicado en el diario El Eco de Córdoba, en el que se aclara que la hora indicada corresponde al meridiano de Córdoba (que pasa por el Círculo Meridiano del observatorio).

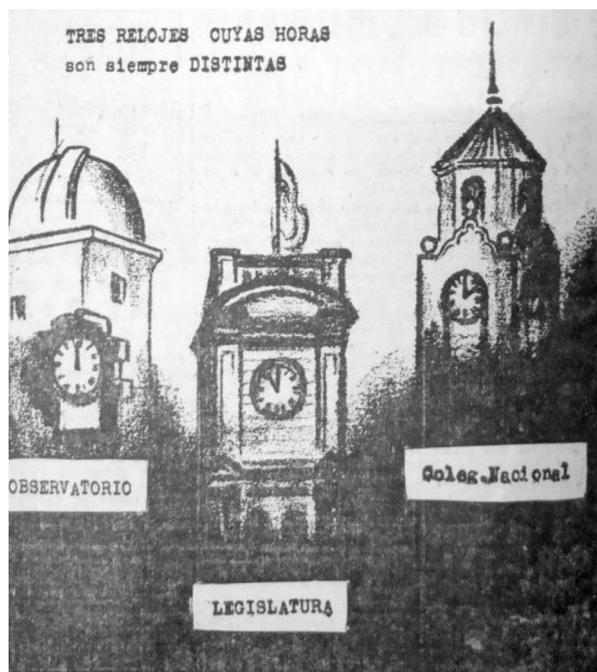
El director del [Observatorio Astronómico de La Plata](#), [Francisco Beuf](#), en respuesta al pedido del gobierno de la provincia de Buenos Aires del que dependía, emite una opinión favorable a la medida. A su vez, el Instituto Geográfico Argentino, con la firma de su presidente Alejandro Sorondo, y del Secretario Carlos Thompson, adhirió a la iniciativa; temperamento por otra parte compartido por la Academia Nacional de Ciencias, con la suscripción de su director [Oscar Doering](#) y J. Álvarez Sarmiento, su Secretario. La acogida de que fue objeto la propuesta, encontró también eco favorable en toda la prensa del país.

La propuesta de Carrasco fue aceptada. Por decreto del 31 de agosto de 1894 se dispone el uso de la hora del Observatorio para los ferrocarriles y el 25 de septiembre la obligatoriedad a partir del primer día de noviembre para todas las oficinas nacionales. En este último decreto, también se insta a todas las provincias proceder de igual forma.

La República Argentina se convirtió de este modo en el primer país de América Sur en establecer una hora única para todo su territorio, un acto de unificación de importancia crucial.

Sin embargo, la adopción de la hora común no fue inmediata, tal como lo manifiesta el Thome al año siguiente:

*“Tengo entendido que en la Capital y en las Provincias del Este la hora nacional ha sido universalmente adoptada, pero que en algunas de las Provincias del Norte, y del Este, donde era de*



Dibujo aparecido en el diario Los Principios del 15/10/1933 en el que critica la diferencia entre las horas mostradas por los distintos relojes públicos de la ciudad.

*suponer que la ventaja de disponer de una hora exacta sería de un provecho especial, la aceptación no ha sido tan general. Me dicen que en algunas de las capitales de provincia todavía conservan “las ocho chicas”, “las ochos grandes” y las nueve, y que en una de ellas el reloj del cabildo difiere a veces hasta treinta minutos de la hora nacional, a pesar de que la ciudad dista tan solo cuatro minutos del meridiano central [de Córdoba]. Hay caballeros que gastan cientos de pesos y ostentan orgullosos sus ricos cronómetros de bolsillo, garantidos de marcha uniforme y después los obligan a seguir la marcha del Sol, que es tan mal cronómetro que ningún relojero se animaría a vender uno igual. Hasta las fábricas de segunda clase construyen cronómetros mejores, de marcha más constante que la del Sol; pues éste, cuatro veces al año adelanta y atrasa*

*alternativamente, desde cuatro hasta diez y seis minutos, con relación a una marcha uniforme, dando origen a muchas “chicas” y también a algunas muy “grandes”.*

*La ventaja en tener una hora común en toda la República fue bien perceptible cuando el último terremoto. En todos los pueblos y estaciones donde fue sentido el fenómeno se determinó la hora en que principio, mas estas horas resultaron tan contradictorias que no se las pudo tener en cuenta para calcular la velocidad de trasmisión del movimiento. Parece que nadie conocía el error de su reloj, ni que tiempo marcaba: si el local, el solar, o el de ferrocarril. Ahora es posible, y aun fácil, que en todas las capitales de la República se disponga de un tiempo exacto, que sirva a la vez de unidad común para todo acontecimiento de importancia: basta para ello nombrar un relojero oficial que tiene el deber de comparar sus cronómetros con las señales transmitidas desde el Observatorio. Si los gobiernos provinciales quieren poner en práctica esta idea, con todo placer repartir entre esos relojeros una tabla que les indique la diferencia de tiempo entre sus respectivas ciudades y el Observatorio, y entonces cada ciudad podrá conservar a lo menos con exactitud, su hora local, sin el consabido “más o menos” pudiendo, también, conocer el tiempo solar, si así lo exigen las necesidades del comercio.” (Thome, Informe al Ministro 1894 – 15/4/1895 –)*

A partir del primero de diciembre de este año, por pedido del Gobierno Nacional se comenzó a transmitir la señal horaria a sus ferrocarriles.

En ocasión de su viaje a París realizado en 1900 para asistir al Congreso del Catálogo Astrográfico (Capítulo 16), Thome adquirió un [nuevo reloj](#), fabricado por el artesano francés [Auguste Fénon](#)<sup>37</sup>, con la intención de que sea un reemplazo superador al ya veterano Teide. El instrumento comprado está registrado con el número 195, es de pesas, para pared y al igual que su predecesor indica tiempo sidéreo. Por el aparato, junto a los accesorios, se pagó 2.682 francos franceses y llegó a Córdoba en 1902, luego de algunos atrasos, incluida una enfermedad del fabricante. El Fénon cuenta con un péndulo compensado con una pesa formada por un recipiente con mercurio<sup>38</sup>.

Este reloj no respondía bien ante cambios rápidos de temperatura, y en un principio hubo problemas con el contacto el eléctrico destinado al control del cronógrafo. En 1904 Thome se quejaba que solo lo había podido utilizar un mes, debido a que el contacto se accionaba en forma totalmente irregular, el que debió ser reparado para poder finalmente emplear el reloj.

El Fénon se utiliza para las observaciones meridianas por un corto período, hasta 1910, cuando se lo reemplaza por un [reloj Riefler](#), que Thome compra a fines de 1907, un año antes de su fallecimiento. El Riefler fue un salto tecnológico para los relojes de precisión, con un escape avanzado y una varilla de péndulo de “invar”, un material de muy baja dilatación, el cual estaba ubicado en una cámara hermética, a la que se podía extraer el aire, desafectando al instrumento de los cambios producidos por las variaciones de presión atmosférica.

En 1909, durante la administración de Charles Perrine, se modifica el reloj Fénon para que indique tiempo medio, con el objeto de con exclusividad a la emisión de la señal horaria. También se modifica el contacto para que en lugar de realizar interrupciones cada un segundo, lo haga cada dos. Se lo ubicó en un armario que lo protegía.

Desde el 30 de abril de 1916, la Dirección General de Telégrafos Nacionales se encargó de retransmitir a las oficinas de su dependencia la hora tomada del Observatorio Nacional. Los días jueves y domingos de cada semana, el observatorio iniciaba a las 10 horas 58 minutos, la transmisión de “tops” de prevención, directamente a oficina central de telégrafos de Buenos Aires. Los “tops” tenían una forma de una sucesión de letras “T” del alfabeto Morse (una simple raya), y les seguía una emisión larga o “raya telegráfica” con una duración de diez segundos, que finalizaba en el preciso momento en que el reloj marcaba



Reloj Fénon N° 195 resguardado en el Museo del Observatorio Astronómico de Córdoba. Gabinete de madera: ancho: 35 cm, alto: 135 cm, prof.: 19,7 cm Diámetro esfera: 21 cm. Arriba a la derecha, detalle de su esfera, tiene la singularidad para este fabricante que los números arábigos están impresos en rojo. Abajo, peso del péndulo, recipiente que contiene el mercurio (Diámetro: 6 cm, largo: 14

las 11 horas. En la oficina central, al momento en que el receptor sonoro acusaba el primer “tops” de prevención, distintos telegrafistas interrumpirán en todas las líneas el servicio normal con la transmisión de dos “comillas” y la palabra “hora” y procedían a repetir al unísono en los manipuladores (las llaves telegráficas) de los aparatos a su respectivo cargo, los “tops” y la “raya telegráfica” final.

Cuando el 1 de mayo de 1920 se adopta como meridiano de referencia el de Greenwich, los relojes debieron ser adelantados 16 minutos y 48,2 segundos, diferencia entre la hora media de Córdoba y la nueva. También se hizo obligatoria la numeración de las horas de 0 a 24, eliminándose las “am” y las “pm”, correspondiendo la 0 hora a la media noche.

Con la generalización del teléfono se emitió la hora por ese medio, y se destinó para este fin un empleado a tiempo completo. Poco después, se automatizó el servicio, anteriormente realizado a mano, y se inició la transmisión de la señal diariamente.

En 1929, el primer astrónomo del Observatorio **Meade Zimmer**, construyó un sistema automático, eléctrico y sincronizado con el reloj, que permitiría realizar la consulta de la hora por teléfono todo el

día, en forma similar a lo actualmente implementado, lo que sin duda fue una notable innovación:

*“Suponiendo que ustedes estuvieran en Córdoba y desearan conocer la hora exacta, tendrían que llamar simplemente al número correspondiente al aparato [el del Observatorio era el 2250] llamado “telehora”, y escuchar un momento. Si en el momento que se llama faltasen 10 segundos para las 11 horas, al finalizar los 10 segundos el reloj cerraría el circuito poniendo en operación al “telehora”, que exactamente a las 11 diría con voz clara y fuerte: <son las once en punto>” (Zimmer, 1931)<sup>39</sup>*

Dos años más tarde, **Zimmer** obtuvo la patente por este dispositivo (N° 1.796.906 del 17/3/1931, presentada en 1929). Este no fue un caso

singular dado que el primer astrónomo tenía como pasatiempo la invención, durante su estadía en Córdoba logró otras cuatro patentes: en 1925 por un motor de combustión interna (N° 1.537.724 del 12/5/1925), en 1927 por un motor rotativo (N° 1.649.091 del 15/11/1927), en 1931 por un proyector de película (N° 2.797.066 del 17/3/1931) y en el 34 por una máquina de calcular (N° 1.982.722 del 4/12/1934).

En 1930, se instalan en la torre del antiguo molino de viento situado en el parque al sur del edificio principal, un conjunto de seis luces de "600 bujías" cada una, con el propósito de dar señales de la hora por la noche. Se proyecta también la emisión de señales sonoras por sirena una o dos veces por día, para aliviar las llamadas por teléfono que se estaba saturando.

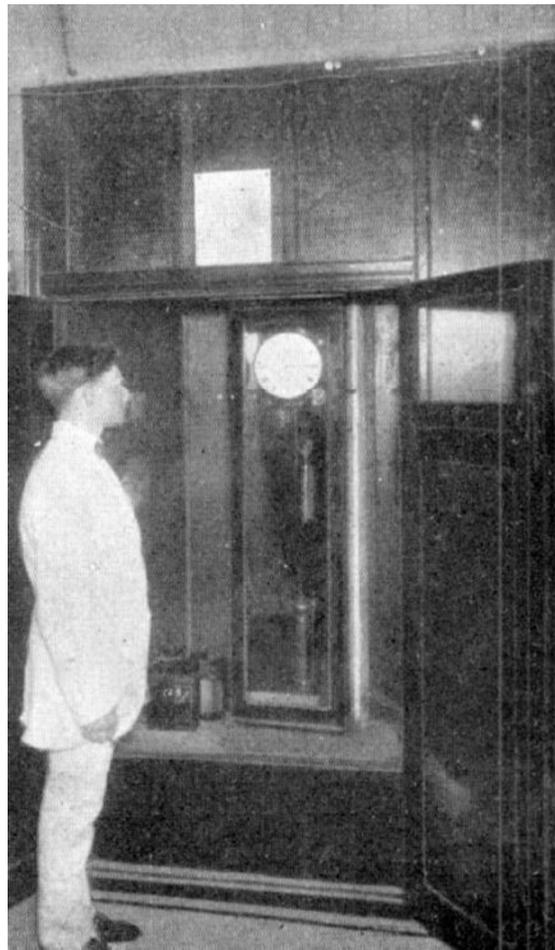
Paulatinamente el teléfono cobró importancia, en 1939 el número 9210 del observatorio estaba saturado por los llamados, lo que provocaba quejas de los usuarios.

### *Repartir la república*

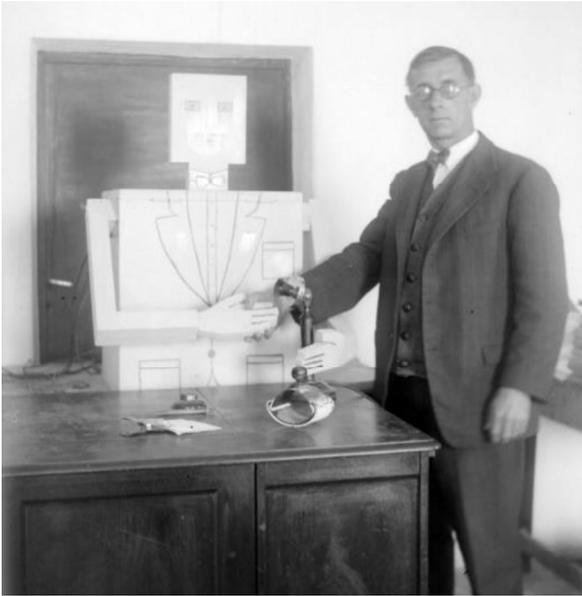
El Observatorio de Córdoba continuó como encargado de conservar la Hora Oficial y transmitirla hasta el 12 de noviembre de 1923, momento en que asumió esas obligaciones el Observatorio Naval de Buenos Aires<sup>40</sup>. Se trató de un acto más de centralización, tal como lo que ocurrió a principios del siglo, con el traslado a Buenos Aires de la Oficina Meteorológica.

El observatorio naval había sido creado el 16 de agosto de 1881, por decreto del Presidente Julio A. Roca, con sede en la Recoleta en la ciudad de Buenos Aires. Su primer director fue [F. Beuf](#), quien al año siguiente se encargaría del Observatorio de La Plata. En un principio el Observatorio Naval se dedicó a dar la hora a los buques anclados en el puerto de esa ciudad, dejando caer desde lo alto de un mástil un globo negro todos los medios días.

Ya en 1908, el Observatorio de La Plata, en ese momento dependiente del Gobierno Nacional, que había hecho experiencia brindando señales horarias a Ensenada, al Apostadero Naval de Río



Reloj de péndulo Fénon N° 195 destinado específicamente a la emisión de la señal de la hora oficial a toda la república. Instalado en el interior de un armario especial. En la fotografía aparece el entonces ayudante Luís Guérin (*Caras y Caretas* 30/11/1912).



Singular fotografía obtenida el 5 de enero de 1929. Zimmer, quien ideó un dispositivo automático para emitir la hora por teléfono, le da la mano al “autómata” (*Mechanical man*). Hecho que muestra el clima de trabajo en la institución.

Santiago y la base Naval de Puerto Belgrano, en el Plan de Trabajos y Presupuesto para ese año, propuso sustituir al de Córdoba en la transmisión horaria.

En el documento se señala que “... *cambiadas las condiciones de las cosas ...*”, había llegado el momento de repartir el territorio de la República en dos regiones de las cuales la septentrional continuara sirviéndose de la hora transmitida desde Córdoba, mientras que la meridional recibiera la hora de La Plata. Se argumentó que contra esa indicación se podría objetar que el meridiano sobre el que se ha determinado la hora oficial para toda la República es el de Córdoba, sin embargo, se sostiene que cualquier otro observatorio del cual se conozca la diferencia de longitud con el de Córdoba, podría dar de todos modos la hora oficial.

Este hecho marca en forma elocuente, la competencia árida que existió en ocasiones entre ambos observatorios a lo largo de su historia por falta de políticas astronómicas inteligentes.

De todos modos, hasta 1938 se continuó transmitiendo la hora por el telégrafo todos los días a las 11. Ese año, la entonces Dirección General de Correos y Telégrafos dio cumplimiento al decreto del Poder Ejecutivo, N° 50.802, del 30 de octubre de 1934, que ordenaba que únicamente se distribuyera la hora emitida por el Observatorio Naval del Ministerio de Marina. Era director del Observatorio, Juan José Nissen. La transmisión se mantuvo a nivel local, y los autores recuerdan los tops emitidos a las radios locales hasta fines del siglo XIX.

Por esas puertas sitas en Córdoba, hoy olvidadas ya, el país también traspuso el umbral de la época moderna y se integró de igual a igual, a una humanidad que luchaba en la avanzada positiva, con decisiones que promovieron el progreso y modificaron sustancialmente los usos y costumbres del pueblo argentino, en una medida que no es fácil dimensionar en la actualidad, por la natural falta de referencias vivenciales para ello. Nadie puede desconocer que en los centros intelectuales y académicos de Europa, al hablarse de Argentina a fines del siglo XIX, se pensaba en Córdoba, único núcleo de producción científica de primer nivel, en las ciencias de la vida, tanto como en las del espacio. La arena del tiempo ha cubierto “esa revolución”.

## Notas

---

<sup>1</sup> La segunda a la que se refería en el informe era gestionar una oficina meteorológica.

<sup>2</sup> Y se situaba la ciudad de ¡Reconquista frente a Corrientes, en lugar de Resistencia!

<sup>3</sup> González Leiva J. I. y Hermosilla G. H. 2019, La cartografía de la expedición Gilliss al hemisferio sur, Chile 1849 – 1852, *Revista de Geografía Norte Grande*, 73: 211-234; y Hermosilla G. H. 2017, Revisiting J.M. Gilliss' astronomical expedition to Chile in 1849–1852. *Journal of Astronomical History and Heritage*, 20(2): 161–176.

<sup>4</sup> El 13 de agosto de 1913, en el diario *La Voz del Interior*, el director Perrine anuncia haber recibido la orden del Ministerio de Justicia e Instrucción Pública para colaborar con el gobierno de la provincia de Córdoba en los trabajos para la determinación de posiciones geográficas. Sin embargo, aparentemente estas tareas no se realizaron.

<sup>5</sup> Comstock 1922.

<sup>6</sup> Carta incluida en *Trabajos del Observatorio Nacional de Córdoba*, Boletín del instituto Geográfico Argentino, Volumen 5, 1884, pp.22 (página 19).

<sup>7</sup> La referencia a que es eléctrico, se relaciona a que cuenta con un contacto que permite cortar un circuito eléctrico. El cronómetro de tiempo medio disponible en ese momento era el [Parkinson y Frodsham](#) (N° 3344), fabricado en Londres, a cuerda, hoy resguardado por el [Museo del Observatorio Astronómico de Córdoba](#). Una fotografía del mismo puede verse en el capítulo 3.

<sup>8</sup> Este instrumento fue adquirido en Berlín en 1873, aún no se lo ha podido ubicar.

<sup>9</sup> El circuito telegráfico empleado mostrado en esta figura, fue reconstruido a partir de las cartas de Gould enviada a [Moneta](#) el 5 de marzo de 1872 y a [Vergara](#) el 26 de febrero de 1874, así como el relato de Thome de 1895. Si bien no se especifica, [Moneta](#) debía contar con un aparato telegráfico para el registro de las señales recibidas del reloj de Córdoba.

<sup>10</sup> Williams Davis aborda en Valparaíso el SS Patagonia, con destino a Inglaterra para visitar amigos y conocidos. El barco hace escala en Montevideo, Río de Janeiro, Bahía, Pernambuco y Lisboa, para finalmente llegar a Liverpool (Chorley et al, 1973; p. 60). Gould le solicita a Davis que en Montevideo le entregue un instrumento al Cónsul de Suecia y Noruega Samuel Blínen. Se desconoce de qué aparato se trata, probablemente uno meteorológico (Gould a Davis 8/4/1873)

<sup>11</sup> Los valores obtenidos son publicados en el Volumen 3 de los Resultados del Observatorio Nacional Argentino: Río Cuarto 0 min 30,4 s al Oeste de Córdoba y 33° 7' 19" Sur; Mendoza: 18 min 30,6 s al Oeste de Córdoba y 32° 53' Sur.

<sup>12</sup> Gould viaja a Mendoza. Sarmiento relata que el director "... *al ver las calles y plazas de Mendoza, se acordó de las ciudades sombreadas de la Nueva Inglaterra.*" (Obras completas Tomo 52, p.231).

<sup>13</sup> El telegrama emitido por Gould el 8/9/1879, fue dirigido al "gobernador" "G. Larsen del Castaño", pero hasta donde se tiene conocimiento se trata de un ministro del gobernado Mariano Santilla, cuyo mandato se extendió entre el 30 de octubre de 1878 al 1 de diciembre de 1879 (ver <https://apym.hcdn.gob.ar/biografias/92>). Por otro lado, el nombre "Christenson" aparece escrito de ese modo en el telegrama mencionado (Libro copiador C), en referencia al ingeniero sueco Carl Adolf Christiernsson.

---

<sup>14</sup> Julio Lederer, ingeniero de origen húngaro desde 1898 se desempeña como geodesta en la sección correspondiente del Instituto Geográfico Militar. Desde 1908 tiene a cargo la cátedra de Geografía Física de la Universidad de Buenos Aires. En 1921 realiza la pionera publicación “Sobre las Teorías de Einstein”, en la Revista de Filosofía (6, 14, (6) pp.321-327). Realiza un obituario del segundo director del Observatorio Nacional, John Thome, que sale en el periódico La Nación de Buenos Aires, el 29/09/1908

<sup>15</sup> Francisco Latzina, durante el año 1874, realizó prolijas mediciones de las diferencias de nivel entre el Observatorio y la plaza principal de la ciudad. Encontró un valor de 33,665 metros entre el umbral de la puerta norte del Observatorio y la esquina sureste de la plaza [frente a la Catedral](#), siguiendo una poligonal de 2.058 metros. Tomando los valores medidos en la nivelación del ferrocarril Central Argentino, proporcionó una altura sobre el nivel del mar del Observatorio de 426,94 m.

<sup>16</sup> Con este instrumento se determina en 1939 la posición geográfica de la Estación Astrofísica de Bosque Alegre. Detalles sobre este instrumento, hoy resguardado por el Museo del Observatorio Astronómico de Córdoba se pueden consultar en [Paolantonio 2017b](#).

<sup>17</sup> Es instrumento fueron devueltos en 1874, en oportunidad del viaje que Gould realizó a Estados Unidos con posterioridad al trágico fallecimiento de sus dos hijas mayores. A su regreso ocurrido en febrero de 1875, el director trajo consigo nuevos aparatos prestados, entre los que se encontraba un [telescopio cenital Würdemann, el número 9](#), perteneciente a la U. S. Coast Survey. Este instrumento, aún se encuentra en Córdoba, resguardado en el [Museo del Observatorio](#). Para una detallada descripción de la historia y características del instrumento, consultar [Paolantonio 2021a](#).

<sup>18</sup> Por “nuevo observatorio” se refiere al ubicado en la [Quinta Normal](#), lugar al que fue trasladado el antiguo observatorio que se ubicaba en el [Cerro Santa Lucía](#).

<sup>19</sup> José Ignacio Vergara Urzúa, chileno, ingeniero geógrafo, fue el Segundo director del Observatorio Astronómico de Santiago de Chile entre 1865 y 1889. Se desempeñó como Rector de la Universidad de Chile entre 1888 y 1889. Para mayores detalles remitirse a [Minniti 2010c](#).

<sup>20</sup> Sobre Karl Wilhelm Moesta consultar [Minniti 2010a](#).

<sup>21</sup> El villamariense Alejandro Voglino, fue con el que principalmente se contactó Gould para arreglar todo lo concerniente al intercambio de señales con Chile y localidades vinculadas a la línea Transandina, tal como San Juan en 1886. Fue un temprano inventor y promotor del teléfono, el que comenzó a trabajar al menos desde 1873. Durante los trabajos para determinar la diferencia de longitud con Santiago en 1875 y Valpariso en 1883, se mencionan en el intercambio de telegramas un “aparato para hablar” de Voglino: Gould a Vergara 9/5/1875, p. 247 y Gould a Voglio 10/5/1875, p. 248, Libro copiador B; Gould a C. Davis 22/11/1883, p. 113, Gould a Voglino 23/11/1883, p. 115 y Gould a C. Davis 24/11/1883, p. 121, Libro copiador C.

En el libro de Bernardino Calvo, “Historia de Villa María y de sus Barrios” (tomado de Córdoba de Antaño) se señala que Voglino, en abril de 1878, provocó el asombro y la admiración de figuras notables de la vida pública, con sus transmisiones telefónicas por la línea telegráfica. El 11 de ese mes realizó una presentación del aparato de su invención, al gobernador de la provincia, Antonio Del Viso, al ministro de gobierno, Miguel Juárez Celman y a otras varias personalidades. Si bien en esa oportunidad la comunicación no fue muy exitosa, tres días más tarde, el 14, “concurrieron varias familias para escuchar cómo, desde Villa María, la señora de don Segundo Gordillo cantaba un aria de la ópera “II Trovatore”, de José Verdi. La voz se escuchó con toda nitidez, en medio de entusiastas gestos de los presentes.”. Unos meses antes, el 17 de febrero de 1878, se llevó adelante la

---

que se considera la primera comunicación telefónica en Argentina, entre las oficinas del diario La Prensa y una sucursal de la empresa Telégrafos del Estado situada a ¡6 cuadras!, mucho menos que la distancia que Córdoba-Santiago de Chile. Luego, en 1881 se instalan en Buenos Aires las primeras empresas telefónicas que establecen un servicio comercial.

La invención del teléfono en 1854 se atribuye al italiano (luego emigrado a EE.UU.) Antonio Santi Giuseppe Meucci. Existen antecedentes de trabajos similares para la transmisión de sonidos por el físico alemán Johann Philipp Reis en 1861. Finalmente, en 1876, el escocés Alexander Graham Bell patenta la idea en EE.UU. y con posterioridad comienza la comercialización del servicio.

Con todos estos antecedentes, tal vez haya que revisar la historia de los comienzos del teléfono, al menos en lo que se refiere a su implementación en la República Argentina (“Una digresión por un hecho singular” [Paolantonio, 2020a](#)).

<sup>22</sup> La poligonal completa contaba con los siguientes vértices: Greenwich-Washington y Washington-Key West (Florida, EE.UU.) (medidos por el U. S. Coast and Geodetic Survey); Key West-La Habana, La Habana-Santiago de Cuba, Santiago de Cuba-Kingston (Jamaica), Kingston-Colón (Panamá), Colón-Panamá, Panamá-Paita (Perú), Paita-Arica (Chile), Arica-Valparaíso (medido por la Expedición de la U. S. Navy 1883); Valparaíso-Córdoba (medido entre Gould y C. H. Davis), Córdoba-Buenos Aires (medido por el Observatorio Nacional Argentino), Buenos Aires-Montevideo, Montevideo-Río de Janeiro, Río de Janeiro-Bahía; Bahía-Pernambuco (Recibe, Brasil), Pernambuco-Saint Vincent (San Vicente y las Granadinas), Saint Vincent-Funchal (Portugal), Funchal-Lisboa (medido por la Expedición de la U. S. Navy anterior) y Lisboa-Greenwich (medido por el Astrónomo Real y la U. S. Navy).

<sup>23</sup> Se desconoce con que objeto se piden los pasajes, no hay referencia de que se hayan ocupado. La medición se realiza entre Charles Davis en Valparaíso y Gould en Córdoba.

<sup>24</sup> Como era usual en estas publicaciones se menciona como contribución del director, y no de la institución. El trabajo fue publicado en Davis 1885, páginas 142 y 143.

<sup>25</sup> Gould, 1885.

<sup>26</sup> La marca del receptor era Radio Corporation of America, modelo A.R.1145, con un tubo de neón como relé. Se usaron longitudes de onda de 24,9 y 37,4 metros (Zimmer, 1931a; 116).

<sup>27</sup> En este período, el 9 de noviembre, visita el Observatorio Hisashi Kimura, astrónomo japonés, dedicado al estudio de las variaciones de las latitudes, ocasionadas por el desplazamiento del eje de rotación terrestre. En 1902, había propuesto un nuevo término, denominado “Z”, a la fórmula de T. Albrecht, que modela la variación de la latitud, lo que le valió el reconocimiento internacional. Estaba a cargo del International Latitude Observatory, ubicado en la ciudad de Mizusawa, en la zona norte de Japón. También se desempeñaba como Presidente de la Comisión 19 de la Unión Astronómica Internacional, “Variation of Latitude Commission”, con sede en Londres. Sobre la visita de Kimura se puede consultar [Paolantonio 2016a](#).

<sup>28</sup> Informe incluido en el Boletín del Instituto Geográfico Argentino, volumen 4-5, pp. 166-171.

<sup>29</sup> Se trató de una tarea ardua y no exenta de conflictos entre las naciones participantes. Greenwich era tomado como referencia por Inglaterra, Alemania, Austria y Estados Unidos, totalizando entre estos estados unos 422 millones de personas, con 917 buques de guerra y una marina mercante de 13 millones de toneladas. El meridiano de París era el elegido por Francia e Italia, con 70 millones de habitantes, 331 buques de

---

guerra, y 2 millones de toneladas de la marina mercante. Rusia, eligió San Petersburgo, y tenía 88 millones de habitantes, 389 buques y 308 mil toneladas de barcos mercantes, *"aunque enorme en extensión y número de habitantes, no está todavía en el comercio de los pueblos en proporción a su grandioso poder"* (texto y datos del informe presentado al Instituto Geográfico por Arturo Seelstrang de la Academia Nacional de Ciencias el 8 de febrero de 1882).

<sup>30</sup> Sobre Martín Gil y su relación con el observatorio ver “Un opositor influyente” en el capítulo 25. Sobre Gill consultar [Paolantonio 2009b](#).

<sup>31</sup> Paul-François Groussac había nacido en Toulouse, Francia, el 15 de febrero de 1848. Fue escritor, historiador y bibliotecario. Tuvo una amplia actividad social y política en Argentina. Falleció en Buenos Aires el 27 de junio de 1929.

<sup>32</sup> La historia completa de la medición del arco de meridiano en Argentina puede leerse en Ortiz 2005.

<sup>33</sup> Córdoba era sitio obligado de paso de todo el tráfico con el noroeste, sirvió de asiento a un comercio de características muy peculiares. Las tropas de carros de “La Primera Salteña” de Leguizamón y Lavín llegaron a unir Córdoba y Salta en 27 días. ¡Todo un record destacado por la prensa! Pues usualmente se empleaban entre 30 y 40 días. Los pasajeros utilizaban las “sillas de posta” o los carruajes rápidos de correo, diligencias o “galeras” de cuatro ruedas y seis caballos de tiro con una capacidad de doce pasajeros, si querían adelantar a las carretas. El servicio implantado en el segundo semestre de 1870, no transportaba encomiendas, sí pasajeros con un equipaje máximo en carruaje de 10 arrobas (algo más de 100 kg) a 0,20 pesos fuerte por persona y por legua.

<sup>34</sup> En la década de 1880 también se emitía la señal al puerto de Rosario para poner en hora los cronómetros de los buques (Informe al Ministro 1886).

<sup>35</sup> Libro copiador B, páginas 314 a 316.

<sup>36</sup> Perrin Hnos fue inaugurada en 1868 y cerró poco más de un siglo después. Estaba ubicada cerca de la plaza principal, en San Martín 24.

<sup>37</sup> [Victor Auguste Fénon](#) nació el 2 de abril de 1843 en París, el tercero de cinco hijos de Auxence Fénon y Joséphine Marie Barbe Baille. Su padre era relojero. Victor fue relojero del Observatorio de París, de la Armada del Estado, varios observatorios franceses y de otros países, de la Sorbona, de la École Normale Supérieure, el École Polytechnique y la Facultad de Ciencias. Además, se desempeñó como director de la escuela de relojería de Besançon entre 1892 y 1912. Fallece el 19 de abril de 1913. Sobre este artesano y sus relojes, consultar Kölmel 2020.

<sup>38</sup> El peso del péndulo consiste en un recipiente que contiene mercurio. Ante un aumento de temperatura, la varilla de acero del péndulo incrementa su longitud, mientras que el mercurio también se expande elevando su nivel dentro del recipiente, de modo tal, que se conserva la posición del centro de masa del conjunto (varilla – peso), lo que mantiene invariante el período de oscilación. Otro tanto ocurre en sentido inverso, cuando la temperatura baja. Aunque la idea es simple y efectiva, la mayor inercia térmica del recipiente con mercurio en comparación a la de la varilla del péndulo, provocaba inconvenientes cuando los cambios de temperatura eran bruscos, lo que modificaba la marcha del reloj. Sobre este reloj, ver [Paolantonio 2012d](#).

<sup>39</sup> No se tienen referencias si el aparato se puso en funciones cuando se concluyeron las obras del nuevo edificio. Tampoco se ha podido encontrar el dispositivo.

---

<sup>40</sup> Sobre la historia del Observatorio Naval se puede consultar Cahudet 1922 y Cienfuentes Cárdenas y Nicodemo 2009.