

LA RECTIFICACION DE LAS COORDENADAS GEOGRAFICAS DE LA HABANA MEDIANTE SEÑALES TELEGRAFICAS EN 1868: UNA INTERESANTE COLABORACION ENTRE EL UNITED STATES NAVAL OBSERVATORY Y LA COMISION HIDROGRAFICA DE LAS ANTILLAS

FRANCISCO JOSE GONZALEZ GONZALEZ
Real Instituto y Observatorio de la Armada

RESUMEN

Este breve trabajo pretende dar a conocer un interesante episodio de las actividades hidrográficas españolas en la isla de Cuba durante el siglo XIX. La necesidad de determinar con exactitud la posición geográfica de La Habana, llevó al responsable de la Comisión Hidrográfica de las Antillas a establecer contacto con el United States Naval Observatory de Washington. Gracias a ello, en 1868, se llevó a cabo una campaña de intercambio de señales telegráficas entre Washington y La Habana, para proceder a la rectificación de las coordenadas geográficas de la capital cubana.

ABSTRACT

This paper describes an interesting episode occurred in the last century during the spanish hydrographic activities in Cuba. The necessity of an accurate determination of the geographic position of Havana led the man responsible for the Comisión Hidrográfica de las Antillas to contact the U.S. Naval Observatory. This resulted in a campaign of exchange of telegraphic signals between Washington and Havana carried out in 1868. It permitted rectifying the geographic coordinates of the cuban capital city.

Palabras clave: Hidrografía, Geografía, España, Cuba, Siglo XIX.

1. La hidrografía española en el siglo XIX

Los últimos años del siglo XVIII se caracterizaron, en España, por el desarrollo de numerosos trabajos hidrográficos, emprendidos por oficiales de la Armada tanto en las costas peninsulares como en las de ultramar¹. Esta tendencia, que tuvo uno de sus máximos exponentes en los trabajos hidrográficos de Vicente Tofiño para la elaboración del Atlas Marítimo de España y de sus conocidos derroteros, puede ser considerada como causa directa de la creación de la Dirección de Trabajos Hidrográficos en 1797². Las misiones encargadas a este organismo fueron, entre otras, la publicación de cartas náuticas, la redacción de los derroteros y la coordinación de las comisiones hidrográficas organizadas por la Armada, además de la formación de personal especializado en el grabado de cartas, la centralización en Madrid de todo lo relacionado con la hidrografía y el fomento del estudio de las técnicas hidrográficas entre el personal de la Armada³.

Sin embargo, las buenas perspectivas que se abrían para los trabajos hidrográficos sufrieron un duro revés durante los primeros años del siglo XIX. La precaria situación de la Armada, sumida en una profunda crisis y afectada directamente por la derrota de Trafalgar, tuvo que soportar, además, los negativos efectos de la guerra contra los franceses. La Dirección de Hidrografía sufrió durante la guerra, y en los años de confusión política que vinieron después, numerosas vicisitudes. Sus trabajos fueron paralizados en diversas ocasiones y una gran parte de su personal se vió obligado a tomar el camino del exilio. No obstante, Felipe Bauzá, al frente del organismo en aquellos años, consiguió sacar de Madrid gran parte de los fondos de la institución en plena ocupación napoleónica e intentó reactivar, en lo posible, unas actividades hidrográficas que ya habían entrado en un periodo de estancamiento. A Bauzá se deben iniciativas como el proyecto de creación de un Cuerpo de Ingenieros Hidrógrafos (1816), el proyecto para la elaboración de una Carta Geográfica General de España (1820) o la publicación del Derrotero de las Antillas (1820)⁴. De todas formas, la crisis fue profunda y durante muchos años los marinos españoles siguieron utilizando las cartas levantadas por Tofiño en el siglo XVIII, pues desde entonces no había sido constituida ninguna comisión hidrográfica en las costas peninsulares.

Coincidiendo con la recuperación de las actividades culturales y científicas iniciada durante el reinado de Isabel II, a mediados del siglo XIX podemos constatar un cierto resurgir de los trabajos hidrográficos. En 1855 fue propuesta la formación de tres comisiones hidrográficas encargadas de levantar las costas de la Península Ibérica, las Antillas y las Filipinas. Poco después, comenzó en el Observatorio de San Fernando el primer Curso de Estudios Superiores, destinado a ampliar los conocimientos teóricos (matemáticas,

física) y prácticos (astronomía, geodesia) de los oficiales de la Armada que demostrasen una especial inclinación a esas disciplinas⁵. Nada más terminar sus estudios, los oficiales que formaron parte de la primera promoción fueron destinados al vapor Piles, donde iniciaron los trabajos correspondientes a la *Comisión Hidrográfica de la Península*⁶. Uno de estos oficiales, el teniente de navío Pujazón, tras formar parte de la citada Comisión durante unos meses, fue destinado a la isla de Cuba, donde unos años después habría de hacerse cargo de la comandancia del vapor Bazán, buque asignado a los trabajos hidrográficos de la *Comisión Hidrográfica de las Antillas*. Nos centraremos, a continuación, en uno de los últimos trabajos desarrollados por este oficial al frente de la Comisión⁷.

2. El telégrafo y la determinación de posiciones geográficas

Como es sabido, la posición geográfica de un lugar cualquiera viene dada por la determinación de las coordenadas conocidas como latitud y longitud. El cálculo exacto de ambas ha dado lugar, a lo largo de la historia, a numerosos quebraderos de cabeza para astrónomos, geógrafos y navegantes. Para la determinación de la latitud de un lugar es suficiente poseer un instrumento astronómico provisto de un sector graduado que permita medir la altura del polo celeste sobre el horizonte, cuyo valor es coincidente con el de la latitud. Sin embargo, la longitud, basada en un principio bastante simple, siempre resultó mucho más difícil de calcular.

La diferencia de longitud entre dos puntos es igual a la diferencia entre las horas locales de éstos en un mismo instante. La solución más exacta a este problema consistiría, pues, en determinar y comparar las horas locales de ambos lugares para extraer dicha diferencia. No obstante, la búsqueda de un método para la determinación exacta de la longitud fue bastante problemática pues, en principio, para obtener la diferencia existente entre dos lugares distantes era preciso observar en ambos un mismo fenómeno celeste, determinar el momento de la observación y deducir la diferencia horaria. Otro sistema podía ser el de la comparación de las horas locales conservadas en los cronómetros mediante la realización de señales luminosas, aunque éste era un procedimiento inviable entre dos puntos alejados.

En la segunda mitad del siglo XIX la telegrafía contribuyó decisivamente a la solución de este problema. Gracias a la organización de campañas de intercambio de señales a horas convenidas con antelación se pudo proceder a la comparación de las horas locales de puntos distantes con ciertas garantías de exactitud, de la cual dependía directamente una buena deducción de la diferencia de longitud entre las dos estaciones de observación elegidas⁸.

3. Rectificación de la posición geográfica de La Habana

La *Comisión Hidrográfica de las Antillas*, embarcada en el vapor Bazán, se había dedicado, desde el inicio de la década de 1860, a la realización de diversos trabajos en la costa norte de la isla de Cuba. Entre éstos, podrían ser mencionados los relacionados con la determinación de las diferencias de longitud entre Puerto Príncipe y La Habana (1863), el levantamiento de los planos de Maysí y Lucrecia (1863), la deducción de las diferencias de longitud entre Puerto Príncipe, Maternillos y Lucrecia y la determinación de la latitud de estos dos últimos lugares (1863), la medición de una base y triangulación en Baracoa (1863-1864), y el levantamiento de los planos de Sigua, Maraví, Navas, Cuyaguaneque, Taco, Jaragua, Jamemigüey, Cañete y Cayo Moa (1866-1867)⁹.

Al poco tiempo de haberse hecho cargo de la jefatura de la *Comisión Hidrográfica de las Antillas*, el teniente de navío Cecilio Pujazón se dirigió con el vapor Bazán hacia La Habana, pues el citado buque necesitaba una serie de reparaciones indispensables para poder continuar dedicado al servicio hidrográfico.

Mientras se procedía al arreglo del vapor, y con la idea de no desaprovechar totalmente el tiempo de atraque, Pujazón decidió poner en marcha los trabajos para determinar la posición geográfica de La Habana con la ayuda de señales telegráficas. El Morro de La Habana era un punto más que fundamental en las cartas y planos de la isla de Cuba que la *Comisión Hidrográfica de las Antillas* estaba rectificando, de ahí la importancia que se le concedía al trabajo de establecer, con la exactitud que permitiesen los medios disponibles, su posición geográfica. A ello habría que añadir, además, la necesidad de mejorar los datos existentes sobre la longitud de La Habana, pues aún se seguía utilizando la que asignó a aquel punto, a principios del siglo XIX, José Joaquín Ferrer después de realizar una serie de observaciones de ocultaciones de estrellas por la Luna¹⁰.

Longitud de La Habana
Valores deducidos con anterioridad

Oltmanns	84° 43' 07", 5	(respecto a París)
Ferrer I	84° 42' 44"	(" ")
Ferrer II	84° 42' 19"	(" ")
Churruca	76° 02' 00"	(respecto a Cádiz)
Moreno	76° 05' 22"	(" ")

No era ésta la primera vez que el jefe de la *Comisión Hidrográfica de las Antillas* emprendía un trabajo de tales características. Hacia poco tiempo que la citada Comisión había llevado a cabo una campaña para determinar la diferencia de longitud entre Puerto Príncipe y La Habana. Además, Pujazón había tomado parte, unos años antes, en una de las primeras experiencias españolas de determinación de longitudes con ayuda del telégrafo. Nos referimos a la determinación de la diferencia de longitud entre los observatorios de San Fernando y Madrid, incluida entre las actividades previas a la observación del eclipse de Sol del 18 de julio de 1860¹¹. Estos trabajos se llevaron a cabo, gracias a la colaboración prestada por la Dirección General de Telégrafos. En el Observatorio de Madrid se encargaron de los trabajos cuatro observadores, que determinaron el tiempo por observación de pasos meridianos de estrellas. En San Fernando se llevó a cabo esta determinación mediante la observación de alturas correspondientes del Sol, y en ella participaron tres observadores y cinco oficiales alumnos de la primera promoción del Curso de Estudios Superiores, entre los que se encontraba el teniente de navío Pujazón¹².

3.1. Determinación de la diferencia de longitud entre Washington y La Habana

El proyecto de trabajo

Pujazón se marcó como objetivo la determinación directa de la posición geográfica del punto del Arsenal de La Habana elegido como estación, y la unión de éste con el Morro por medio de una triangulación de corta extensión. Sin embargo, este plan de trabajo no pudo ser llevado a cabo en su totalidad. Cuando los observadores se ocupaban de la determinación de la longitud, estallaron en la isla de Cuba una serie de insurrecciones, reflejo de los sucesos acaecidos en la Península a raíz del pronunciamiento de Topete en Cádiz. A partir de entonces, la dotación del vapor Bazán fue destinada a otros puestos y el buque ya reparado, tuvo que prestar servicio como crucero. Todo esto hizo imposible terminar la operación planeada por Pujazón, que quedó reducida a la determinación de la latitud y la longitud del punto de la estación del Arsenal, siendo aplazada para otra ocasión la triangulación hasta el Morro.

Para justificar su proyecto, Pujazón llegó a escribir en los borradores de los trabajos el siguiente párrafo:

"unida la América con la Europa por el cable telegráfico y estándolo la isla de Cuba con los Estados Unidos, nada más fácil que servirse de este medio para la determinación de la diferencia de longitud entre La Habana y un observatorio de Europa, y como en 1868 se había determinado la diferencia entre el Observatorio de

Washington y el de Greenwich por este medio, sólo nos restaba determinar la diferencia entre La Habana y Washington o algún otro punto de los Estados Unidos para tener la longitud de La Habana con toda la exactitud apetecible"¹³.

Cecilio Pujazón presentó su proyecto al Comandante General del Apostadero de La Habana, quien le dió autorización para ponerse en contacto con Enrique Arantave, Inspector de Telégrafos de la isla de Cuba. Este dió los pasos preliminares para que se establecieran las pertinentes relaciones con las compañías telegráficas estadounidenses, de las cuales obtuvieron respuestas favorables. La Western Union Telegraph Company transmitiría las señales entre Washington y Lake City (Florida) y la International Oceanic Telegraph Company entre esa ciudad y La Habana¹⁴. El superintendente del *United States Naval Observatory*, almirante Sands, propuso que se realizasen en dicho observatorio todas las observaciones y señales necesarias para tal determinación y nombró para desempeñar este servicio al profesor de matemáticas William Harkness, perteneciente al personal permanente del centro¹⁵. Una vez puesto en contacto con Harkness, Pujazón acordó con él un plan de operaciones consistente en intercambiar señales telegráficas entre Washington y La Habana durante seis noches consecutivas, partiendo alternativamente de cada una de las dos ciudades.

En líneas generales, el método a emplear en dicha determinación debía ser el siguiente:

- 1º Intercambio de señales eléctricas entre ambos lugares de observación. Estas señales, producidas a voluntad del observador, quedarían registradas en la otra estación a la par que los segundos marcados por el reloj en el momento de las mismas.
- 2º Determinación del estado y movimiento de los relojes empleados, por medio de la observación de series de pasos meridianos de estrellas, antes y después de las señales. Una vez determinadas las horas locales en las que ambas estaciones enviaron y recibieron las señales, se deduciría con facilidad la diferencia horaria entre los dos lugares y, por lo tanto, su diferencia de longitud.
- 3º Determinación del estado y movimiento del cronómetro empleado en La Habana y observaciones astronómicas para calcular la latitud.

Los instrumentos utilizados

Según el *Report on the difference of longitude between Washington and Havana*, publicado por Harkness como apéndice en las *Astronomical and*

metereological observations made at the United States Naval Observatory during the year 1867 [Washington, 1970], los instrumentos empleados en ambas estaciones fueron los siguientes:

Washington

Círculo meridiano
Reloj sidéreo Kessels
Cronógrafo
Aparato electromagnético

La Habana

Teodolito Repsold
Cronómetro Frodsham nº 2816
Aparato electromagnético

Las señales de Washington fueron producidas por el péndulo sidéreo que, colocado en la línea telegráfica mediante un aparato construido a tal efecto, interrumpía el circuito galvánico al batir cada segundo. Las de La Habana, por medio de un manipulador común, que producía cortes de corriente coincidiendo con las oscilaciones de un cronómetro arreglado al tiempo medio.

Determinación de la hora e intercambio de señales

El estado del péndulo sidéreo utilizado en Washington por el profesor Harkness fue determinado por medio de observaciones astronómicas realizadas con el círculo meridiano del Observatorio. Los resultados de estos trabajos constan en un capítulo del informe mencionado anteriormente, titulado *Observations to determine the error of the kessels clock made at Washington by William Harkness*.

En La Habana, las observaciones se hicieron en la estación elegida para ello, situada en la parte S. E. del Arsenal, a 2.397,7 metros al Sur y 364,5 al Este del faro del Morro. Reduciendo estas medidas, su diferencia de longitud con ese punto fue estimada en 0",854 E. El tiempo fue determinado en La Habana mediante la observación de pasos meridianos de estrellas. Para ello se empleó un teodolito Repsold de anteojo quebrado, montado sobre un pilar de piedra construido al efecto y protegido por una caseta de madera terminada en una semiesfera móvil con ranura. En cada una de las noches de los días 8, 10, 17 y 21 de septiembre de 1868 se observaron, antes y después de las señales, los pasos meridianos de estrellas ecuatoriales y circumpolares por los hilos del anteojo colocado en el meridiano.

Cuando todo quedó ultimado, el 6 de septiembre de 1868, se inició la operación dirigida por Harkness y Pujazón. De las seis noches que habían sido planificadas, sólo hubo intercambio de señales durante las noches de los días 8, 10, 17 y 21, dado que Harkness cayó enfermo y, antes de su recuperación, se iniciaron en Cuba los sucesos políticos citados con anterioridad¹⁶. Así

pues, la operación tuvo que darse por concluida en este punto, limitándose entonces a estudiar los resultados obtenidos y a sacar las conclusiones pertinentes (Véase el Apéndice con el resumen de los trabajos realizados el día 17).

Las diferencias de longitud obtenidas tras cada una de las observaciones fueron:

día 8	0h 21m 12s,665 ± 0,030
día 10	0h 21m 12s,445 ± 0,028
día 17	0h 21m 12s,480 ± 0,042
día 21	0h 21m 12s,600 ± 0,041

Después de calcular el promedio de estas observaciones, resultó que la estación de La Habana estaba situada a 0h 21m 12s,545 ± 0,035 al Oeste de Washington. Tras añadir a este resultado la diferencia existente entre el círculo meridiano empleado en las observaciones y el centro del domo del Observatorio de Washington (0",032 W), y también aquella existente entre el punto del Arsenal escogido como estación y el Morro (0"854 E), se llegó a la conclusión de que la longitud del Morro de La Habana era la siguiente:

0h 21m 13s,43 al Oeste de Washington

3.2. Determinación de la latitud de la estación de La Habana

El mismo instrumento que fue utilizado para la determinación de los estados del cronómetro por medio de la observación de pasos de estrellas, es decir el teodolito de Repsold, fue el que se empleó en la determinación de la latitud. Para ello, se colocó el antejo en el vertical primario y se observaron los pasos de las estrellas α y β Arietis durante cinco noches. El estado y movimiento del cronómetro, también el mismo que se había utilizado en los otros trabajos, fueron deducidos por observaciones de alturas correspondientes de Sol hechas con sextante sobre un horizonte artificial.

El promedio general de las observaciones realizadas durante las noches de los días 18, 24, 25, 27 de noviembre y 2 de diciembre fue 23° 08' 03", 0, calculándose para este valor un error medio de ± 0,15 y un error probable de ± 0,10. Al aplicar a éste el valor de la diferencia de latitud entre la estación de observación y el Morro se obtuvo el siguiente resultado:

23° 09' 22", 5 Norte.

De esta forma, con la determinación de la latitud de La Habana mediante observaciones astronómicas, fueron completados los trabajos de la *Comisión Hidrográfica de las Antillas* destinados a rectificar la posición geográfica asignada a la capital de la isla de Cuba. Poco después, en mayo de 1869, Cecilio Pujazón entregaría el mando del vapor Bazán y de la Comisión Hidrográfica, y partiría hacia España, donde fue nombrado por el Almirantazgo director del Observatorio de Marina de San Fernando¹⁷.

APENDICE I

Señales del día 17¹⁸

Puesto en línea el péndulo de Washington, se observaron las siguientes coincidencias entre él y el cronómetro de Frodsham:

Horas del cronómetro	Horas del péndulo
4h 56m 50,0	24h 03m 26,0
5 00 03,5	24 06 40,0
5 02 50,0	25 09 30,0
5 05 52,2	24 12 30,0

horas que reducidas a sidéreas de los respectivos meridianos dan:

Horas de La Habana	Horas de Washington	Longitudes
23h 42m 18,795	0h 03m 30,950	21m 12,15
23 45 32,830	0 06 44,947	21 12,12
23 48 22,797	0 09 34,948	21 12,15
23 51 22,791	0 12 34,912	21 12,15

Promedio 21m 12s,14

Error medio en cuanto depende de las comparaciones $\pm 0,008$

En seguida se hicieron señales en La Habana de 5 en 5s en coincidencia con el cronómetro durante los intervalos siguientes: de 5 . 19 . 00 a 5 . 22 . 00.

De estas señales se dedujeron en Washington las siguientes coincidencias:

Horas del péndulo	Horas del cronómetro
0h 26m 10,44	5h 19m 30,0
0 27 10,66	5 20 30,0
0 28 10,79	5 21 30,0

Reduciendo estas horas a sidéreas de los respectivos meridianos resulta:

Horas de La Habana	Horas de Washington	Longitudes
0h 05m 02,549	0h 26m 15,369	21m 12,82
0 06 02,715	0 27 15,589	21 12,87
0 07 02,864	0 28 15,718	21 12,85

Promedio 21m 12s,85

Error medio en cuanto depende de las comparaciones $\pm 0,025$

De los valores obtenidos se deduce

Longitud 21m 12s,495

NOTAS

1 Entre los numerosos viajes y expediciones de estos años podrían ser citados los de Antonio de Córdoba (1785) y Cosme de Churruca (1788) al estrecho de Magallanes, Alejandro Malaspina alrededor del mundo (1789-1794), Cosme de Churruca a Trinidad y las Antillas (1792) o Joaquín Francisco Fidalgo a las costas de Colombia y Venezuela (1796).

2 Los resultados de los ingentes trabajos de Vicente Tofiño al frente de la Comisión Hidrográfica de las Costas de España se vieron plasmados en el *Derrotero de las costas de España en el Mediterráneo* (1787), el *Derrotero de las costas de España en el océano Atlántico* (1789) y el *Atlas Marítimo de España* (1789).

3 Desde 1770 había funcionado una dependencia de la Marina, el Depósito Hidrográfico, que puede ser considerado el antecedente directo de la Dirección de Trabajos Hidrográficos, también conocida como Dirección de Hidrografía. Al frente de este nuevo organismo estuvieron importantes personajes de la Marina ilustrada: José de Espinosa y Tello (1797-1802), Juan Gutiérrez de la Concha (1802-1803), Joaquín Francisco Fidalgo (1810) o Felipe Bauzá (1810-1822). Véase RIVERA NOVO, B. (1984) "Renovación científica de la hidrografía española en el siglo XIX". *Revista de Historia Naval*, 7.

4 La actividad de Felipe Bauzá al frente de la hidrografía española se vio interrumpida, desgraciadamente, por las circunstancias políticas de la época, que en 1823 le obligaron a tomar el camino del exilio después de haber sido diputado a Cortes durante el trienio constitucional.

5 El curso de Estudios Superiores en *matemáticas puras, mecánica, física y astronomía* fue establecido en el Observatorio de San Fernando por R.O. de 16 de septiembre de 1856. Véase GONZALEZ, F.J. (1992) *El Observatorio de San Fernando (1831-1924)*. Madrid, p. 196.

6 La Comisión Hidrográfica de la Península fue la primera en ser organizada definitivamente, coincidiendo con la finalización de los estudios de la primera promoción del Curso de Estudios Superiores. El vapor Piles fue el buque asignado a los trabajos hidrográficos y a su dotación científica fueron destinados los oficiales

que habían realizado el mencionado curso. Las instrucciones generales para el funcionamiento de la Comisión fueron desarrolladas en una R.O. de 21 de noviembre de 1860. Véase RIVERA NOVO, B. (1984) "Renovación científica de la hidrografía española en el siglo XVIII" *Revista de Historia Naval*, 7.

7 Una vez finalizado el Curso de Estudios Superiores y tras un breve paso por la Comisión Hidrográfica de la Península, el teniente de navío Cecilio Pujazón fue destinado a la Comisión Hidrográfica de las Antillas, donde desempeñó entre 1861 y 1869 diversos destinos de carácter hidrográfico, entre ellos el mando del vapor Bazán y, con ello, la jefatura de la Comisión desde el 14 de diciembre de 1867. En 1869 fue nombrado director del Observatorio de San Fernando, cargo en el que permanecería hasta su muerte en 1891. Véase GONZALEZ, F.J. (1992) *Cecilio Pujazón y el Observatorio de Marina*. San Fernando.

8 DRIENCOURT, L. (1923) *Emploi de la T.S.F. pour la détermination des longitudes et de l'unification de l'heure*. París.

9 GONZALEZ, F.J. (1992) *Cecilio Pujazón y el Observatorio de Marina*. San Fernando.

10 José Joaquín Ferrer y Cafranga, autor de la memoria titulada *Observations made at Havana, from 1808 to 1812, with the resulting longitude and latitude of that city*, publicada en *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society of London*, 1 (1827), pp. 189-190. La vida de Ferrer transcurrió entre los viajes de negocios y las observaciones astronómicas para determinar posiciones geográficas. Amigo de Dionisio Alcalá-Galiano y José de Mazarredo, rehusó la invitación de este último para ingresar en la Armada. En 1814 rechazó también el ofrecimiento gubernamental de hacerse cargo de la dirección del Observatorio de San Fernando, aunque elaboró un detallado informe sobre su estado. Véase, GONZALEZ, F.J. (1992) *Cecilio Pujazón y el Observatorio de Marina*. San Fernando.

11 Esta fue una de las primeras experiencias españolas de la determinación de diferencias de longitud con la ayuda del telégrafo. Durante los días 18, 21, 22 y 23 de junio de 1860 se determinó la diferencia de longitud entre los observatorios de Madrid y San Fernando por medio de señales eléctricas, gracias a la colaboración prestada por la Dirección General de Telégrafos. El sistema empleado, consistente en tomar como señal el contacto de la aguja de Wheatstone con uno de sus topes, fue seguido en Madrid por cuatro observadores, que determinaron el tiempo por pasos meridianos de estrellas, y en San Fernando por cinco oficiales alumnos y tres observadores, que determinaron el tiempo por alturas correspondientes de Sol. Sobre este asunto, véase la *Memoria sobre el eclipse de Sol de 18 de julio de 1860* [Madrid, 1861], en la que Francisco de Paula Márquez, director del Observatorio de San Fernando, publicó los resultados de las observaciones.

12 El resultado obtenido en estas observaciones fue el siguiente: San Fernando 10' 04", 21 al Este de Madrid.

13 Véase el expediente *Rectificación de la posición geográfica del Morro de La Habana*, 1868, conservado en la Biblioteca del Real Instituto y Observatorio de la Armada (en adelante BROA), *Hidrografía*, Caja nº 2.

14 Los pasos previos a los trabajos definitivos están bastante bien explicados en una carta que Cecilio Pujazón envió al director del Diario de la Marina para ampliarle los datos sobre una noticia publicada sobre el tema con

anterioridad. *BROA*, Pujazón a Director del Diario de la Marina, 21.09.1868, *Hidrografía*, Caja nº 2, *Rectificación de la posición geográfica del Morro de La Habana*.

15 Lancaster, A. (1890) *Liste générale des observatoires et des astronomes, des sociétés et des revues astronomiques*. Bruselas, p. 77.

16 *BROA*, *Hidrografía*, Caja nº 2, *Rectificación de la posición geográfica del Morro de La Habana*, 1868.

17 Sobre la historia de esta institución en aquellos años puede consultarse: GONZALEZ, F.J. (1992) *El Observatorio de San Fernando (1831-1924)*. Madrid.

18 Este apéndice contiene la transcripción literal del resumen de las operaciones anotado por Cecilio Pujazón en los borradores de los trabajos, conservados en *BROA*, *Hidrografía*, Caja nº 2, *Rectificación de la posición geográfica del Morro de La Habana*, 1868.