

Louis Feuillée y el Primer Meridiano

Juan Antonio García Cruz (Universidad de La Laguna)

*Fecha de recepción: 17 de noviembre
Artículo solicitado al autor por la revista*

Resumen

No hace mucho las Islas Canarias figuraban en los mapas y cartas de navegación con dos meridianos origen. Uno situado en algún punto indeterminado de la isla de El Hierro y el otro pasando por el Pico Teide. Aquí se cuenta la primera expedición científica enviada por la Academia Real de Ciencias de Francia para establecer la posición exacta de ambos meridianos con respecto al Observatorio Real de París. La empresa, encomendada al matemático real Louis Feuillée, contiene observaciones astronómicas y cálculos matemáticos que llevaron a la Academia a fijar, por primera vez, y de forma científica, tales meridianos.

Palabras clave

Louis Feuillée. Primer Meridiano. Longitud y Latitud

Abstract

Not so long ago the maps of the Canary Islands showed two first meridians. One passing through a not clearly determinate point on the island of Hierro and the other through the Teide Peak. This paper tells the mathematical and astronomical history of the first scientific endeavour commissioned by the French Royal Academy of Sciences to establish for the first time and in a scientific matter the true position of those meridians.

Keywords

Louis Feuillée. First Meridian. Longitud and Latitud

La noche del 7 de enero de 1610 Galileo probaba un nuevo instrumento astronómico: un anteojo óptico. Ahora podía llegar más lejos en sus observaciones de los astros y con mayor precisión. Lo que no esperaba Galileo es que, esa misma noche, iba a realizar un descubrimiento clave para la mejora de la información geográfica y de la seguridad en la navegación. Con su nuevo anteojo observó por primera vez tres de los ocho satélites del planeta Júpiter. Sistemático y meticuloso realizó anotaciones en días sucesivos de las posiciones de los satélites hasta descubrir que el primero, el más próximo a Júpiter, realizaba una revolución alrededor del planeta de forma regular y que no duraba más de dos días terrestres.



Figura – 1: Júpiter y tres satélites tal y como los dibujó Galileo en su obra *Sidereus Nuncius*

En su órbita alrededor de Júpiter, el satélite llega a ocultarse detrás del planeta o de su sombra, para aparecer más tarde. Tales ocultaciones y apariciones, eclipses, definen un fenómeno o suceso astronómico. Se da además la simultaneidad del mismo, para dos observadores situados en diferentes posiciones sobre la superficie de la Tierra. Si ambos pueden saber a qué hora local ocurre tal suceso, y cotejan sus datos, pueden llegar a deducir la distancia, en longitud geográfica, que los separa. Por



ejemplo, si la diferencia horaria es de 1 hora y 20 minutos, y suponiendo que la Tierra recorre, con velocidad uniforme, en 24 horas 360° , tenemos que a 1 hora corresponde $360^\circ/24 = 15^\circ$, luego a 20 minutos de tiempo ($1/3$ de una hora) corresponde 5° , por lo que la distancia angular (longitud) que separa las dos localizaciones geográficas sería de 20° (15° por 1 hora + 5° por 20 minutos).

Como el lector habrá supuesto, es necesario disponer de un reloj para determinar la hora lo más exacta posible y que además este “a punto”. Durante siglos se utilizó el reloj de arena que, como bien supone el lector, no sirve para el propósito de conocer la hora exacta. Hacia finales del siglo XVII y gracias al genio de Christiaan Huygens, se disponía de un reloj de péndulo bastante preciso pero que había que ajustar constantemente. Con un anteojo óptico, un reloj de péndulo y tablas sobre efemérides astronómicas, los hombres de ciencia estaban en condiciones de revisar las coordenadas geográficas que durante siglos, a pesar de sus errores e imperfecciones, habían llevado a los europeos mucho más allá de las costas del viejo mundo.

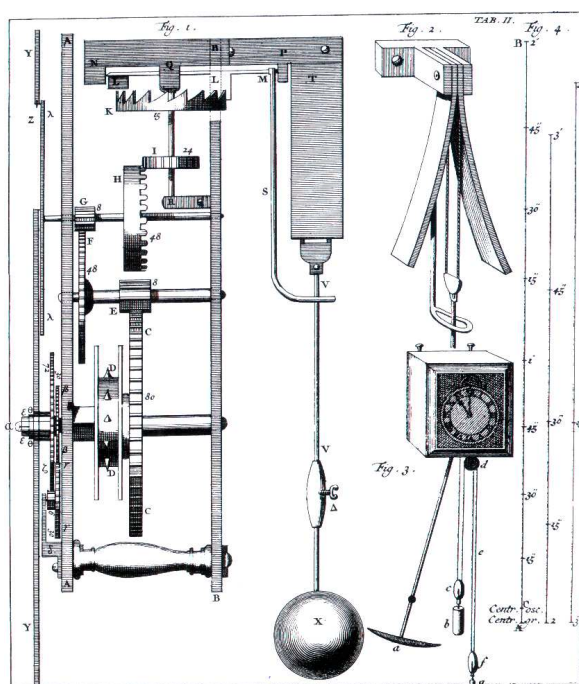


Figura – 2: Reloj de péndulo inventado por Christiaan Huygens, siglo XVII.

En 1666 se funda la Real Academia de Ciencias de Francia. Desde su comienzo tiene como objetivo prioritario la corrección y mejora de los mapas y las cartas de navegación. A tal fin, opta por el desarrollo y aplicación de la observación astronómica como método científico más fiable y seguro. La posición exacta de un punto sobre la *esfera terrestre* queda perfectamente determinada por medio de las coordenadas geográficas de Latitud y Longitud. La Latitud se determina por la observación de la altura de una estrella – la polar o el sol – y para la Longitud se toma el procedimiento descrito anteriormente y conocido como método de eclipses de los satélites de Júpiter.

Por Orden Real emitida en Versalles el 22 de enero de 1724 se elige y ordena al padre Louis Feuillée para que se desplace a las Islas Canarias, con el objetivo de realizar las observaciones necesarias para determinar la posición de la isla de El Hierro con respecto al Observatorio Real de París, así como para establecer la situación de esta isla y la del pico de Tenerife, por donde la mayor

parte de los geógrafos hacen pasar el primer meridiano del mundo¹. Además deberá detenerse en Cádiz para fijar la posición extrema occidental del Mar Mediterráneo.

El conocimiento de que disponían los geógrafos a finales del siglo XVII de la posición relativa de los meridianos anteriores se puede constatar en dos mapas franceses muy difundidos durante el siglo XVII y principios del XVIII. Aparecieron es dos obras de geografía cuyos autores son los importantes cartógrafos N. Sanson y A. M. Mallet². En el primero, Figura 3, se muestra el Pico de Tenerife a $2^{\circ} \frac{1}{2}$ al Oeste del primer meridiano que pasa por la costa occidental de la isla de El Hierro. En el segundo, Figura 4, debido a Mallet se muestran los dos meridianos, el de la isla de El Hierro y el del Pico de Tenerife, separados por 3° .

Con este mandato y las instrucciones precisas para su realización, observaciones astronómicas para determinar las longitudes y latitudes geográficas, parte el padre Feuillée de Marsella el 1 de mayo de 1724. Después de una estancia en Cádiz, entre el 23 de mayo y el 17 de junio, arriba a Santa Cruz de Tenerife el 23 de junio. Entre esa fecha y el 10 de agosto, realiza observaciones en La Laguna y La Orotava. Luego se desplaza a la isla de El Hierro entre el 10 y el 22 de agosto. Finalmente abandona el archipiélago el 10 de octubre. Durante su estancia en las Canarias realizó observaciones que le permitieron determinar las coordenadas geográficas de: La Laguna, La Orotava, El Pico de Tenerife, Villa de la isla de El Hierro y “un lugar” en medio de la isla de La Palma.

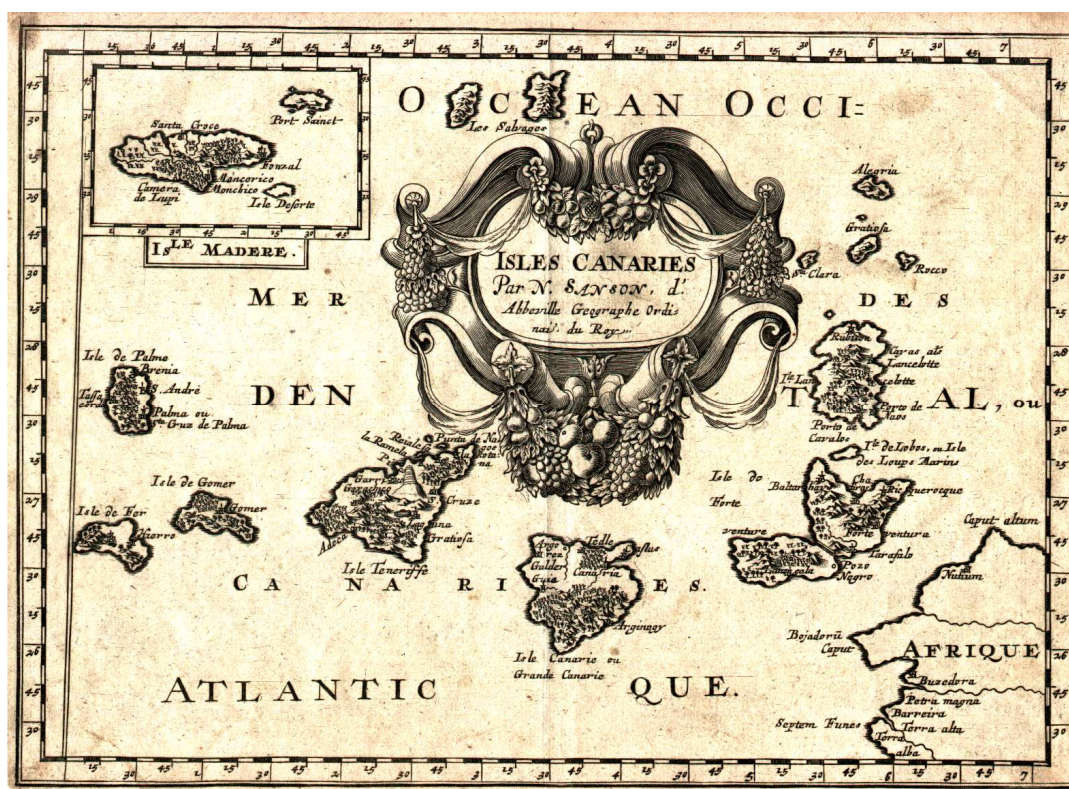


Figura – 3: Mapa de N. Sanson de 1683, donde la diferencia entre los meridianos del Pico y de la Isla de El Hierro es de 2,5 grados.

¹ Una ordenanza del rey Louis XIII de Francia, fechada el 1 de julio de 1634, mandaba a los geógrafos a contar las longitudes a partir del primer meridiano situado en la costa occidental de la Isla de El Hierro. Por otro lado, los holandeses situaban el origen del cómputo de las longitudes en el meridiano que pasa por el Pico Teide.

² *Cartes générales de toutes les parties du Monde* de N.Sanson, París 1683 y *Description de l'Univers* de A.M. Mallet, París 1683.





Figura – 4: Mapa de A.M. Mallet de 1683, donde la diferencia entre los meridianos es de 3 grados. Sobre el meridiano de la Isla de El Hierro se lee Primer Meridiano según los franceses; sobre el meridiano del Pico de Tenerife se lee Primer Meridiano según los holandeses.

Para fijar esas posiciones necesita realizar observaciones astronómicas lo más precisas posibles. La bondad y utilidad de los datos a obtener pasan por el correcto establecimiento de una estación de observación. Hay que marcar en el suelo la dirección norte-sur (línea meridiana) que nos permite, sin lugar a dudas, localizar el sur. Pues hay que mirar hacia el sur cuando queremos hallar la altura meridiana del Sol: la que tiene el Sol cuando son las doce, hora solar, en el lugar de observación. A tal fin, es necesario utilizar el reloj, que previamente se debe haber ajustado. El reloj marca el tiempo medio, correspondiente a un Sol que se mueve con velocidad uniforme, y hay que determinar a qué hora del reloj pasa el Sol por el meridiano del lugar. En otras palabras, qué hora marca el reloj de péndulo cuando son las doce, hora solar. Para medir la altura meridiana del Sol utilizó un cuadrante, muy parecido al de la Figura – 5.

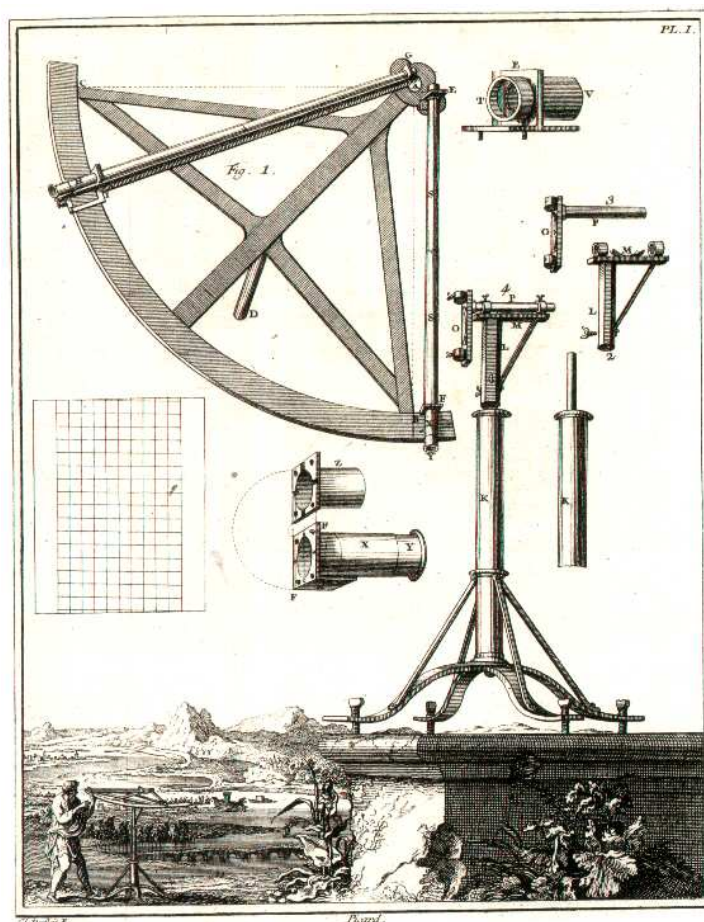


Figura – 5

El 27 de junio instala el observatorio en la casa que el cónsul de Francia, M. Porlier, habita en la ciudad de La Laguna. Lo primero que hace es ajustar el reloj para poder determinar la latitud del lugar. La anotación en el diario del día 29 de junio es la siguiente:

Alturas correspondientes del borde superior del Sol

<i>Hora de la mañana</i>	<i>Altura</i>	<i>Hora de la tarde</i>
<i>9 h 58' 8''</i>	<i>61° 13' 5''</i>	<i>2 h 13' 2''</i>
<i>10 h 3' 59''</i>	<i>62° 29' 35''</i>	<i>2h 7' 9''</i>

Luego el reloj marca al medio día 0h 5' 35''.

El procedimiento es el siguiente: Antes del medio día se toma una altura del Sol y se anota la hora, esto se hace dos veces. Luego se espera a que el Sol vuelva a esa misma altura por la tarde y se anota la hora. En el intermedio se produce el paso del Sol por el meridiano. Así que lo que hay que hacer, para las dos alturas, es calcular a qué hora se ha producido el paso del Sol por el meridiano, mediante el siguiente cálculo:

$$\text{Medio día real} = 9h 58' 8'' + (14h 13' 2'' - 9h 58' 8'')/2 = 12h 5' 35''$$

Es decir, el reloj de péndulo marca las 12h 5' 35'' cuando el Sol está en lo más alto, altura meridiana. El lector comprobará que para la segunda de las alturas se obtiene casi el mismo tiempo (5' 34'' sobre el mediodía), en caso de mucha variación se hace un promedio entre ambas diferencias.



*Así que el reloj marca al mediodía 0h 5' 35''
El día anterior marcó 0h 6' 45''
Luego en 24 horas se produce un retardo de 1' 10''
Retardo del reloj 12''
Corresponde con un retardo medio de 1' 22''*

Comparando esta observación con la de días anteriores se asegura del tiempo de retraso o adelanto que lleva su reloj de péndulo.

Veamos el procedimiento para el cálculo de la altura meridiana del Sol. En primer lugar, determina la altura meridiana aparente del borde superior del Sol: 84° 53' 15''. Esta debe ser sometida a correcciones derivadas del error propio del instrumento, de la refracción y de la paralaje, y del semidiámetro solar. Una vez corregido lo anterior se tiene para la altura meridiana del centro del Sol: 84° 41' 55''. A continuación, Feuillée procede a aplicar la siguiente fórmula para calcular la Latitud: $\varphi = (90^\circ - (\alpha - \delta))$, donde α es la altura meridiana del Sol corregida y δ es la declinación septentrional para ese día.

Obtiene así: $\varphi = [90^\circ - (84^\circ 41' 55'' - 23^\circ 11' 42'')] = 28^\circ 29' 47''$.

Con este procedimiento realiza catorce mediciones de la altura del Sol en La Laguna, obteniendo para la menor el valor 28° 29' 2'' y para la mayor 28° 30' 23''. Entonces determina que la latitud de La Laguna corresponde con el promedio entre dichos valores, siendo este igual a 28° 29' 42''. No considera el promedio entre los catorce valores que sería lo más adecuado. Este es el procedimiento que utilizará para todos los cálculos de la latitud cuando dispone de un conjunto de observaciones. Así, para la villa de La Orotava, siete observaciones, obtiene 28° 23' 32''; para la villa de la isla de El Hierro, tres observaciones, obtiene 27° 47' 51''. Las latitudes del Pico de Tenerife y de un punto situado en medio de la isla de La Palma se determinan por otro procedimiento, no astronómico, que más adelante expongo.

Para determinar la longitud de estos tres lugares utiliza el procedimiento llamado de “los eclipses de los satélites de Júpiter”.

Veamos el procedimiento para La Laguna. La noche del 1 de julio observa la inmersión del primer satélite de Júpiter, el más próximo al planeta. El satélite se oculta a la 1h 40'' 7'' tiempo real (solar) en La Laguna. Esa misma observación en el Observatorio Real de París ocurre a las 2h 54'' 38'', ha sido realizada por los astrónomos Cassini y Maraldi. Estos datos arrojan una diferencia de longitud igual a 1h 14' 31'' entre La Laguna y el Observatorio Real, siendo La Laguna más Occidental. Realiza dos observaciones más, obteniendo una diferencia menor igual a 1h 14' 31'' y una diferencia mayor igual a 1h 14' 56''. Vuelve a utilizar el procedimiento promedio entre los valores extremos y obtiene la diferencia de longitud igual a 1h 14' 43'', que da por verdadera. Luego, sabiendo que a 1h corresponde 15° realiza la correspondiente transformación obteniendo 18° 40' 45'' para la longitud de La Laguna, al occidente del Observatorio Real de París.

Para la villa de La Orotava utiliza el mismo procedimiento obteniendo, para dos emersiones del primer satélite de Júpiter, el valor 1h 15' 5'' ½. Equivalente a 18° 46' 22'' ½. La siguiente tabla recoge los valores de longitud y latitud determinados mediante procedimientos astronómicos.

Posición geográfica	LATITUD	LONGITUD
La Laguna	28° 29' 42''	18° 40' 45''
La Orotava	28° 23' 32''	18° 46' 22'' ½
Villa de El Hierro	27 47' 51''	-----

La longitud de la villa de la Isla de El Hierro no la puede realizar mediante el procedimiento astronómico, eclipse de los satélites de Júpiter, debido a la mala climatología que le impidió realizar las correspondientes observaciones. En este caso, así como en los restantes, Pico de Tenerife y punto medio de la Isla de La Palma, utiliza el procedimiento trigonométrico que se explica a continuación.

Utilizando como estación la villa de La Orotava, de la que conoce los valores de longitud y latitud mediante procedimientos astronómicos, procede a determinar las diferencias de longitud y latitud en medidas terrestres mediante un procedimiento trigonométrico. Luego, convierte los valores obtenidos en medidas angulares y fija así las coordenadas de esos lugares.

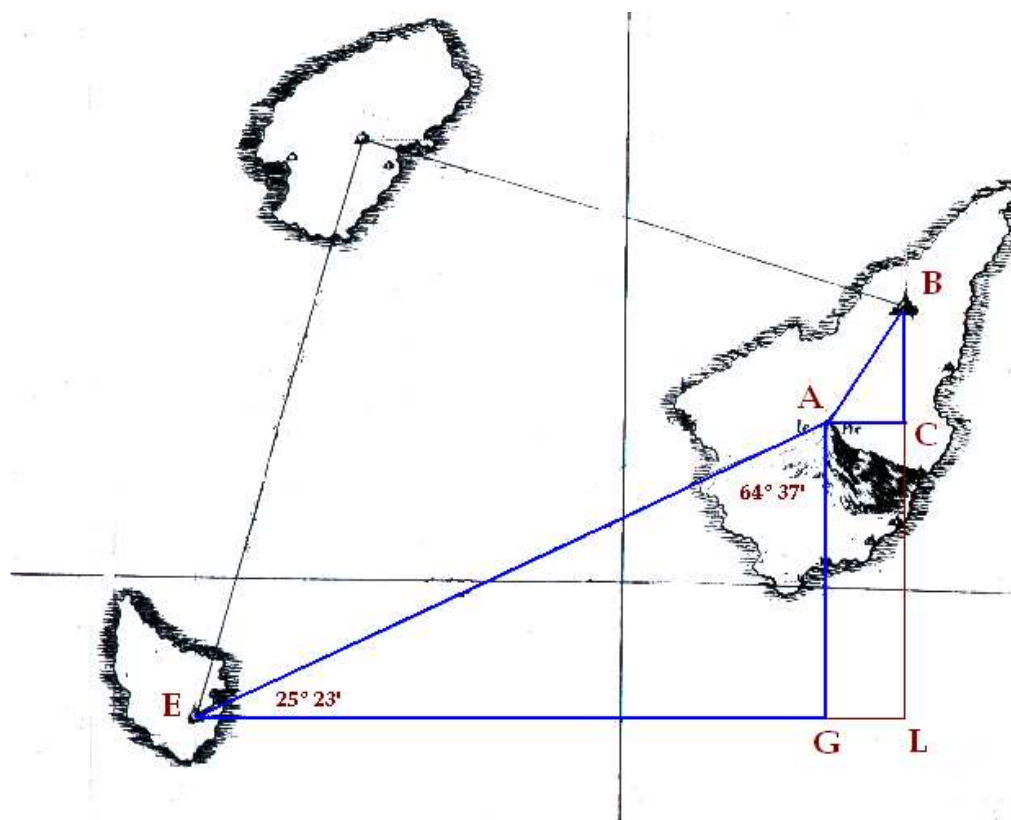


Figura – 6: esquema para el cálculo de posiciones geográficas mediante procedimiento trigonométrico.

El punto B corresponde con la villa de La Orotava, el punto A con la posición geográfica del Pico de Tenerife y la E con la posición geográfica de la villa de la isla de El Hierro. BL y AG son segmentos de meridiano y AC, EL segmentos de paralelo. El ángulo $25^{\circ} 23'$ lo ha medido desde la villa de la Isla de El Hierro, es el complementario del ángulo que forma el meridiano de la villa de la isla de El Hierro con la visual entre ese punto y el Pico.

Luego el problema se reduce a calcular, para ambos lugares, las diferencias de longitud y latitud, catetos de los correspondientes triángulos rectángulos de la Figura 6.

Veamos el procedimiento para el punto A, Pico de Tenerife. El valor AB ha sido determinado por procedimientos trigonométricos, pues antes ha medido la altura del Pico y el ángulo que forma la visual al mismo desde el punto B. Luego procede así: $BC = AB \cos B = 9593$ toesas = 9913 pasos; $AC = AB \sin B = 5572$ toesas = 5758 pasos. El siguiente paso es delicado, hay que trasladar las medidas de longitud terrestre a medidas angulares. Para tal fin hay que tener un modelo del planeta Tierra. Para Feuillée este es una esfera y utiliza la equivalencia de 60000 pasos para cada grado de



arco de círculo máximo. Así convierte los 9913 pasos de BC en $9^{\circ} 54' 46'' 48'''$ (¿Demasiada exactitud?, no olvidemos que Feuillée es un matemático). Como el Pico está más al sur que la Orotava, resta este valor de la latitud de la Orotava y, obtiene para la latitud del Pico, el valor $28^{\circ} 14' 5'' 13''' 12''''$.

Para la conversión de la diferencia de longitud hay que resolver el problema planteado por el hecho de que AC no es un segmento de círculo máximo. Así que hay que trasladar los pasos dados en AC a su equivalente sobre el Ecuador. Para dicha conversión utiliza la expresión (pasos sobre el ecuador) = $AC \sec \varphi$. Donde φ es una media paralela entre las latitudes de la Orotava y del Pico. Es decir $\cos^2 \varphi = \cos \varphi_1 \cos \varphi_2$ o su expresión equivalente: $2 \log \sin(90^{\circ} - \varphi) = \log \sin(90^{\circ} - \varphi_1) + \log \sin(90^{\circ} - \varphi_2)$.

Obtiene, de esta forma, para φ el valor $28^{\circ} 19' 4'' 80/170$. A continuación realiza la conversión de los 5758 pasos, que vale AC, en 6540 pasos sobre el Ecuador. Por último, obtiene que dichos pasos equivalen a $6^{\circ} 32' 26'' 12'''$, de donde obtiene sumando esta cifra a la longitud de la villa de la Orotava, el valor $18^{\circ} 52' 54'' 56''' 12''''$ para la longitud del Pico de Tenerife, al occidente del Observatorio Real de París.

Mediante procedimientos equivalentes³, que no reproducimos y que pueden consultarse en las referencias (FEUILLÉE, 2006), obtiene los valores que presentamos en la siguiente tabla y que podemos considerar como obtenidos por procedimientos trigonométricos, o por lo menos no puramente astronómicos:

Posición geográfica	LATITUD	LONGITUD
Pico de Tenerife	$28^{\circ} 14' 5'' 13''' 12''''$	$18^{\circ} 52' 54'' 56''' 12''''$
Villa de la Isla de El Hierro	-----	$19^{\circ} 55' 10'' 43''' 17''''$
Punto medio en I. La Palma	$28^{\circ} 37' 55'' 1''' 44''''$	$19^{\circ} 49' 5''$



Figura – 7: Archipelagus Atlanticus. H. Schedel (ca.1700).

³ Para determinar, por ejemplo, la longitud de la villa de la isla de El Hierro resuelve el triángulo EGA donde conoce el ángulo en E y el lado GA, diferencia de latitudes entre el Pico y la villa de la isla de El Hierro, que ha calculado por la altura meridiana del Sol. El ángulo E lo obtiene como complementario del ángulo que forma la visual desde la villa de la isla de El Hierro al Pico con el meridiano del lugar.

A principios del siglo XVIII se publicó por H. Scherer, profesor de matemáticas en Munich, además de jesuita y geógrafo, un mapa que representa los archipiélagos atlánticos (Figura 7). En ese mapa se puede ver una viñeta en la que se muestra en detalle las islas de Tenerife y Gran Canaria. El mapa tiene el meridiano origen en la isla de El Hierro y por lo tanto, según la viñeta, el Pico de Tenerife está 2° al Oriente. Así que las obras impresas más difundidas en el siglo XVII otorgan una separación a los meridianos del Pico de Tenerife y de la Isla de El Hierro de entre 2 y 3 grados. El viaje de L. Feuillée estableció esa separación en un poco más de un 1°. Además sirvió también para corregir la cartografía impresa que mostraba erróneamente las posiciones relativas del Pico, La Orotava y La Laguna en la isla de Tenerife. El mapa de Sanson y el de Scherer, muy similares, muestran La Laguna al sur del Pico, y este, al sur de la Orotava. Si usted siente curiosidad por saber lo exactas que fueron las coordenadas determinadas por L. Feuillée, le sugiero que busque en enciclopedias, manuales de geografía, atlas, o en cualquier lugar donde se presente información geográfica, y compare. Le adelanto que se sorprenderá.

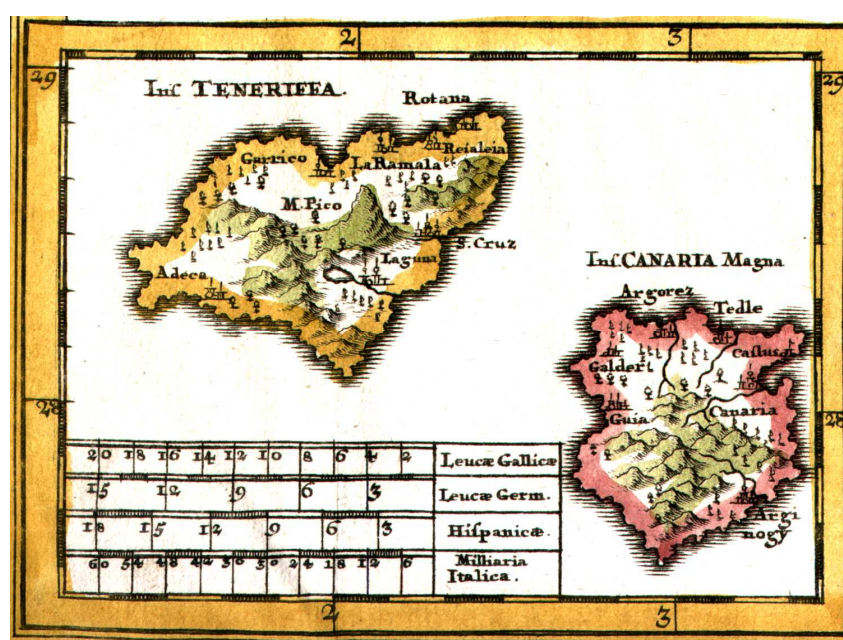


Figura – 8 : Detalle del mapa Archipelagvs Atlanticvs...de H. Scherer (ca.1700).



Figura – 9: Detalle del mapa Isles Canaries de N. Sanson (1683).



Epílogo

El diario del viaje de Louis Feuillée nunca se publicó. En 1751 apareció un extracto del viaje en el anuario de la Academia Real de Ciencias de Francia. Su autor, el Abbé de la Caille, presenta una nueva elaboración de los cálculos, partiendo de las observaciones del padre Feuillée, que corrige las posiciones determinadas por él. Este extracto se puede considerar como la posición oficial de la Academia con respecto a un viaje tan importante y del que tanto tiempo tardó en darse noticia pública. La razón por la que ocurrió este retraso se debió a que el Padre Feuillée no determinó las posiciones geográficas mediante procedimientos astronómicos y, por razones climatológicas, se vio abocado a utilizar procedimientos trigonométricos que involucran el tamaño y forma de la Tierra (GARCIA CRUZ, 2008). En los cálculos trigonométricos L. Feuillée utilizó la hipótesis de una Tierra esférica, cuando hacia tiempo que el debate se centraba sobre si era un esferoide aplastado por los polos o por el ecuador, es decir, sobre el tipo de elipsoide en que mejor encajaba la forma del planeta Tierra. Con la publicación del extracto la Academia reconoció la importancia del trabajo de Louis Feuillée en las Canarias y reparó, de alguna forma, el olvido al que sometió durante un cuarto de siglo el informe del último, y más importante viaje, de exploración científica que realizó en una vida dedicada a la ciencia y la exploración geográfica. Para la historia de las Islas Canarias, este fue el primer viaje científico del que hay constancia y de él se derivó la primera determinación científica de la posición geográfica de algunos de sus accidentes geográficos y ciudades más importantes. La Figura 10 muestra el mapa que el cartógrafo G. Delisle realizó sobre las islas occidentales, como resultado de la exploración de Louis Feuillée. En él se han corregido los errores de localización que, sobre la isla de Tenerife, mostraban los mapas anteriores a la exploración. El 10 de octubre de 1724 Louis Feuillée abandonó la isla de Tenerife. Nunca más regresó al archipiélago. Murió unos años más tarde en Marsella, a donde se llevó los datos derivados de sus observaciones, que permitieron determinar a los miembros de la Academia, por primera vez, y de forma científica, la posición geográfica de los dos meridianos origen: el del Pico de Tenerife y el de la Isla de El Hierro.

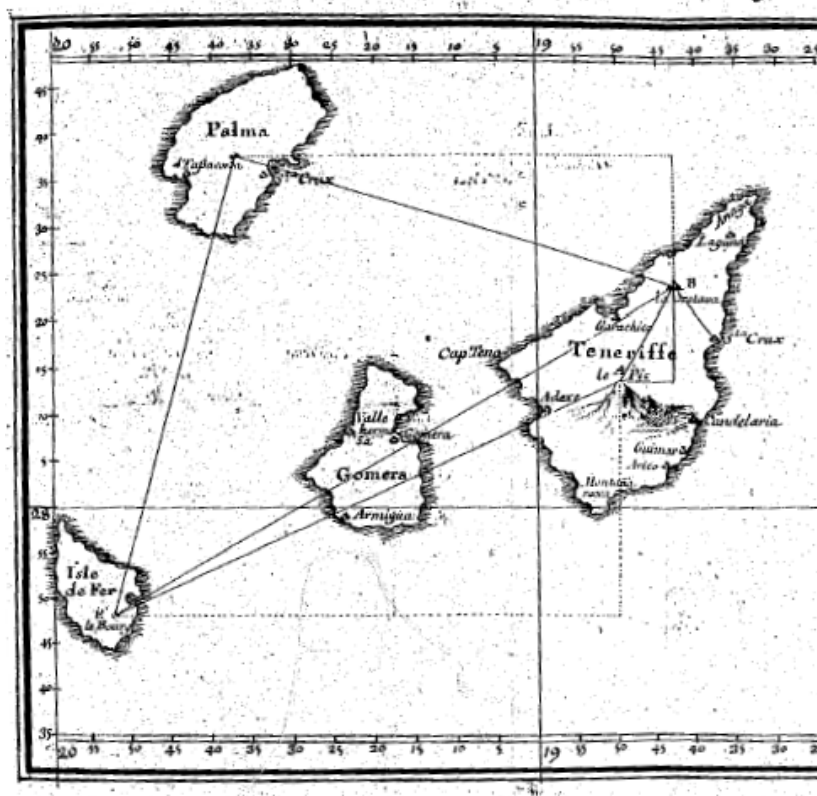


Figura – 10: Las Islas Canarias Occidentales, después del viaje de L. Feuillée.

Bibliografía

- Feuillée, L., [1724, Ms 38]. *Voyage aux Isles Canaries ou Journal des observations Physiques, Mathématiques, Botaniques e Historiques faites par ordre de Sa Majesté*. Bibliothèque Centrale du Muséum National d'Histoire Naturelle. París.
- Feuillée, L., 1724, [Fr 12222]. *Voyage aux Isles Canaries ou Journal des observations Physiques, Mathématiques, Botaniques e Historiques faites par ordre de Sa Majesté*. Bibliothèque National. París.
- Feuillée, L., 2006. *Viaje a las Islas Canarias o Diario de las observaciones físicas, matemáticas, botánicas e históricas hechas por orden se Su Majestad, 1724*. Traducción del Ms 38 realizada por Dulce María González Doreste y Antonio Álvarez de la Rosa. En A. Herrera Piqué (ed.) *Pasión y Aventura en la Ciencia de las Luces*. Tomo II. Ediciones del Cabildo de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria.
- García Cruz, J. A. 2008. Observaciones astronómicas y cálculos matemáticos en el viaje de Louis Feuillée a las Islas Canarias en 1724. *Estudios Canarios. Anuario del Instituto de Estudios Canarios*, L – LI, volumen II, páginas 509 – 547. La Laguna. Tenerife.
- Herrera Piqué, A., 2006. *Pasión y Aventura en la Ciencia de las Luces*, Tomos I y II. Ediciones del Cabildo de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria.

Juan Antonio García Cruz es Profesor Titular de la Universidad de La Laguna. Su principal campo de investigación es la Educación Matemática. Como segundo campo de investigación, pero no menos importante, le interesa la relación histórica que existe entre la Cartografía, la Navegación y las Matemáticas.
jagarciaacruz@gmail.com

