

LAS CIENCIAS NAUTICAS Y LA CARTOGRAFIA A MEDIADOS DEL SIGLO XVIII.

José M.^a CANO TRIGO
Cartógrafo Jefe de la Armada

El almirante García Frías, en una conferencia con motivo de uno de los ciclos del Aula Militar de Cultura, organizado por el Gobierno Militar de Cádiz en colaboración con la Universidad de Sevilla, decía que Jorge Juan *era el protagonista más saliente de la historia científica de su época*. Esa media centuria, centrada en el siglo XVIII, coincide con la culminación de un período en que la Náutica se hace ciencia, adquiriendo pleno desarrollo con la resolución del problema de la longitud en la mar, tanto con el método de las distancias lunares como con el cronómetro.

No cabe duda de que estos estudios tuvieron éxito gracias a los progresos conseguidos en la construcción de instrumentos para hallar con precisión alturas de los astros y ángulos sobre la superficie terrestre, como los octantes de reflexión y el cuarto de círculo, con los que se obtenían observaciones con precisión hasta de un minuto de arco.

En la mar se continuaba usando todavía el cuadrante, la ballestilla y el astrolabio náutico, según cuenta Jorge Juan en sus memorias sobre los trabajos en tierras de América, cuando dice: *Deseosos de ocuparnos en hacer algunas observaciones astronómicas supimos que en poder de D. José Herrera se hallaba un Annulo Astronómico y dos Telescopios*, pero llega luego a la conclusión de que el annulo no es un instrumento que alcance la precisión que requieren las observaciones astronómicas.

Este progreso culmina con la publicación de los primeros *Almanaques Náuticos* con cuadros de distancias de estrellas al borde iluminado de la Luna para intervalos de cuatro horas, que necesitaban de unas tablas cuyas posiciones era necesario calcular con la mayor precisión, debido a las desigualdades del movimiento lunar y progresivos desplazamientos de su órbita.

Estos cálculos eran muy complicados para los navegantes, lo que obligó a realizar modificaciones para simplificarlos y convencer así a éstos de las ventajas de su utilización, luchando contra la malicia característica de la ignorancia. Esto lo comprobamos en la obra de Pedro Manuel Cedillo, maestro del Colegio de San Telmo de Sevilla, *Trigonometría aplicada a la Navegación*, publicada en 1718 en la que habla de ... *el poco fundamento que tiene el vulgo náutico al decir proverbialmente que desde que hay «senistas» (que así llaman a los profesores de trigonometría) se pierden los navíos*.

J. M.^a CANO TRIGO

OBSERVACIONES

ASTRONOMICAS, Y PHISICAS

HECHAS

DE ORDEN DE S. MAG.

EN

LOS REYNOS DEL PERÙ

Por D. JORGE JUAN, Comendador de Aliaga en el Orden de S. Juan, Socio Correspondiente de la R. Academia de las Ciencias de Paris, y D. ANTONIO DE ULLOA, de la R. Sociedad de Londres, ambos Capitanes de Fragata de la R. Armada,

DE LAS QUALES SE DEDUCE

LA FIGURA, Y MAGNITUD

DE LA TIERRA,

Y SE APLICA

A LA NAVEGACION.



IMPRESSO DE ORDEN DEL REY NUESTRO SEÑOR
EN MADRID

POR JUAN DE ZUÑIGA, Año M.D.CC.XL.VIII.

En cuanto a la cartografía, no se contaba aún con cartas fiables de las costas más frecuentadas. Ni siquiera las cartas esféricas de Tomás López y de Juan de la Cruz Cano, geógrafos de Su Majestad, enviados a París desde 1752 a 1760 para aprender el arte del grabado, habían comenzado a publicarse. Sólo se contaba con los padrones compuestos en el Consejo de Indias con materiales aportados por los navegantes a su regreso, corregidos continuamente con nuevos bancos, bajos e islas encontradas.

Es precisamente Jorge Juan, quien hace un primer proyecto de cartografía, que servirá posteriormente a Valdés para ordenar las campañas llevadas a cabo por Varela, Ulloa y Tofiño a finales de este siglo XVIII.

En otros países, Inglaterra por ejemplo, se había publicado ya un atlas, el *Coasting Pilot con cartas globulares* precedidas de una explicación de la proyección del Dr. Halley (Londres, 1728).

En Francia, se había empezado a publicar el *Neptune (Hydrographie Francoise Recueil 1737-1772)* en tres grandes tomos. Un Atlas de Portugal y España, en el que aparecen grabados de Tomás López, se publica a la vez en París y Madrid en 1762, y en 1764 aparece el *Petit Atlas Maritime*, que incluye los levantamientos de los jesuitas españoles dirigidos por el padre Murillo de Velarde en las islas Filipinas.

Antecedentes a la medición del arco de Meridiano.

En la primera parte de la *Relación Histórica del viaje a la América Meridional hecho de orden de su Magestad para medir algunos grados de meridiano terrestre y venir por ellos en conocimiento de la verdadera figura y magnitud de la Tierra*, Antonio de Ulloa escribe:

Ya es bien sabido en el orbe literario la célebre cuestión suscitada en estos últimos siglos sobre la figura y magnitud de la tierra; y que si hasta ellos se había creído ser perfectamente esférica, la prolixidad de las últimas observaciones había hecho concebir a los sabios dos encontradas opiniones, que suponiendo ambas su figura elíptica, daba la una su mayor diámetro en los Polos, al paso que la otra establecía serlo el del Ecuador.

Ya Fernelio en París (1525) había intentado medir un grado de latitud, así como Norwood y Yorch en Londres en 1635. En Holanda, Italia y Alemania también se habían hecho intentos, con un resultado de 57.033 toesas 00 pies y 8 pulgadas de París (la toesa equivalía a 1,94 metros), que contrasta con la efectuada en Bolonia por el P. Grimaldi que halló una equivalencia del grado terrestre de 62.650 toesas de pie de rey de París, lo que hace suponer la tierra casi la octava parte mayor que en la medida anterior.

Así la Academia de Ciencias de París, promovida por Luis XIV, se propone efectuar con la mayor precisión posible la medición de un arco de meridiano en Francia. M. Picard halla un valor para el grado entre París y Amiens de 57.060 toesas.

Jorge Juan, en la introducción a su obra *Observaciones astronómicas y físicas hechas de orden de S. Mag. en los Reynos del Perú*, habla de ella y dice:

L. D. A. S.
corregido al Equador.

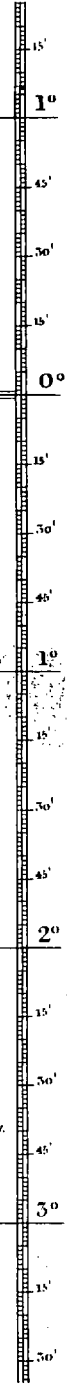
N. 88. E. del Mundo dista 25 millas.



Vista de la Isla Gorgona.



CARTA ESFERICA
QUE COMPREHENDE
LA COSTA OCIDENTAL
DE AMERICA
 DESDE SIETE GRADOS DE LATITUD SUR
 HASTA NUEVE GRADOS DE LATITUD NORTE
LEVANTADA
DE ORDEN DEL REY N. S.
EN 1791.
 POR VARIOS OFICIALES DE SU REAL ARMADA
PRESENTADA A S. M.
 POR **ALVARO DEL EXMO. SEÑOR**
DON ANTONIO CORNEL
Secretario de Estado y del Despacho Uni-
versal de Guerra, encargado del de Marina
y de la Direccion general de la
Real Armada.
Año de 1800.



Signos.

- * Longitud observada en tierra astronóm.^{ca} — Derrota de las Corbetas del Rey Descubierta y Atrevida.
- † Latitud observada en tierra astronóm.^{ca} — Derrota de la Corbeta del Rey Atrevida para buscar la Isla de Cova.
- Longitud observada en la mar y relevo marino.
- ⊕ Latitud observada en la mar.
- ☞ Direccion de las Derrotas.
- Δ Denota una posicion que resulta de operaciones trigonométricas practicadas en la mar o en tierra.

Nota.

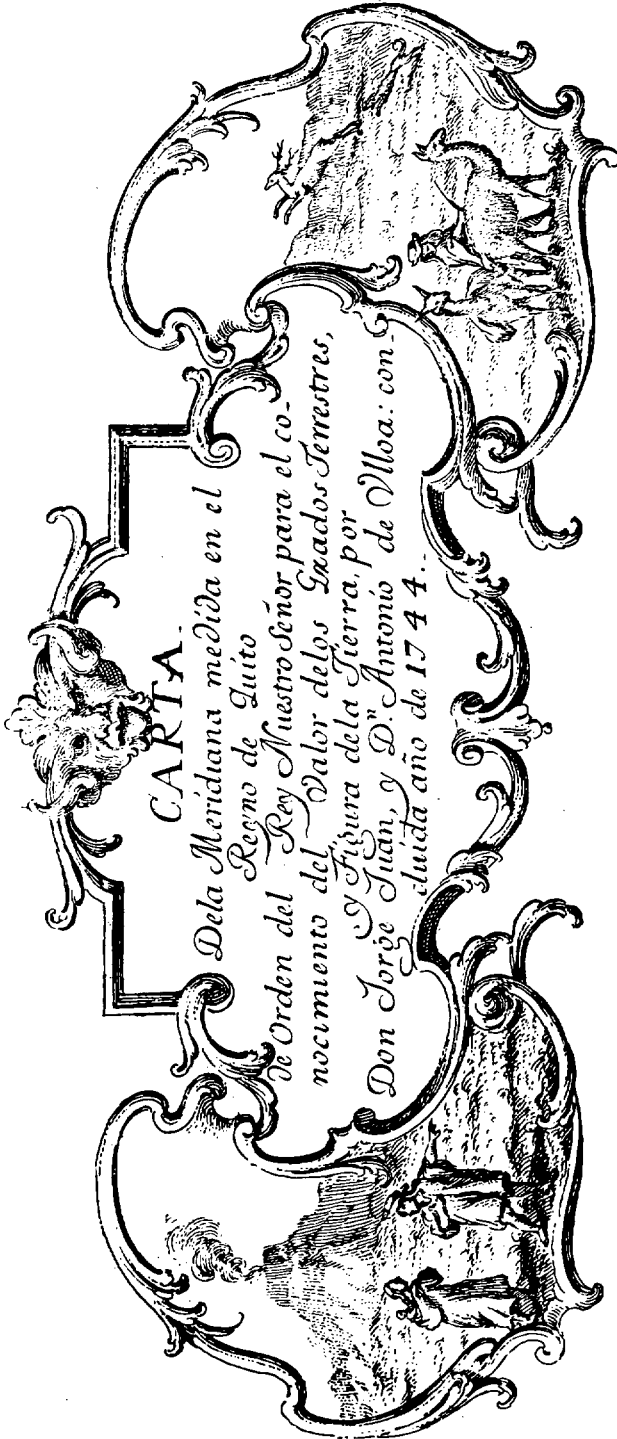
Los numeros de la Sonda son brazas de d'los vientos castellanos. La A indica Arenas. C. Cajo. C. Conchuela. F. Fango. L. Liana. Ch. Chinos. b. blanca. d. dura. f. fina. g. gruesa. n. nepra. l. lamora. p. parda. e. cuetra. — Este signo sobre qualquiera numero indica que no se halló fondo con la cantidad de brazas que expresa.



Vista de la Isla Sta. Clara, ó Amortajado, demostrando su mediana al N. 88. O. del Mundo distancia 14 millas.

Meridiana de Quinto de Salama

de la triangulación realizada para la medición del Meridiano.



Cartela de la carta de la Red de triangulación medida en Quito. Grabado de Juan A. Palomino. Tomado de JUAN, Jorge, y ULLOA, Antonio: *Relación histórica del viaje a la América Meridional*. Madrid, 1748.

El explicar el delicadísimo primor con que practicó sus operaciones y concluyó su medida puede ser visto en sus obras y en las Memorias de la Academia.

Hasta entonces no empiezan las dudas de que el globo terráqueo fuera perfectamente esférico, a nadie —dice Jorge Juan— *hasta entonces se había ofrecido que la figura de la Tierra dejase de ser una redondísima bola*. Por ello, aunque con la medición de Picard se había decidido ya la cuestión del valor del grado, se siguió investigando sobre el tema, ya que las observaciones con el péndulo daban distintos valores para la gravedad en latitudes diferentes.

Si la Tierra era perfectamente esférica —se decía— el péndulo debe tener las mismas oscilaciones, siendo de igual longitud, en cualquier latitud. Sin embargo, Richer había hecho experiencias en Francia y en Cayena, en la América meridional distante menos de 5° del Ecuador y había obtenido diferencias: el péndulo tardaba más tiempo en hacer las oscilaciones. Repitió estas observaciones durante más de diez meses con gran habilidad y precaución. No cabía duda de que el mismo péndulo pesaba menos hacia el Ecuador que hacia los Polos. Halley confirmó esta teoría en la isla de Santa Helena y se hicieron nuevas experiencias en Guadalupe, Martinica y Lisboa.

Newton refuerza así su teoría de que la Tierra debido a su fuerza centrífuga *hace un esfuerzo continuo para apartarse del centro del círculo que describe entorno al cual se mueve. Y esta fuerza es la que hace a la Tierra lata*.

De esta teoría se deduce necesariamente que el Globo terráqueo no puede ser perfectamente esférico sino que *estará más elevado* —dice Jorge Juan en su obra— *hacia el Ecuador que hacia los Polos y que así su figura no será una Esfera o Bola perfectamente redonda, sino una Elipsoide plana o una bola chata hacia los Polos o por decirlo así, tendrá figura de una naranja*.

Por todo ello, los Cassini —padre e hijo— por orden de Luis XIV efectúan la medición del arco de un meridiano que atraviesa toda Francia, en dos partes: desde Dunkerke hasta París y desde París a Colliure, desde 1683 a 1718.

El mismo año 1718 se publica la memoria de este trabajo. En el libro de geografía de M. de Maupertuis se dice que *estas medidas fueron repetidas por Cassini en diferentes tiempos, en diferentes lugares, con diferentes instrumentos y por diferentes métodos. El Gobierno hizo pródigamente todos los gastos y dio toda la protección imaginable por el espacio de 36 años y la resulta de seis operaciones hechas en 1701, 1713, 1718, 1733, 1734 y 1735 fue siempre que la Tierra es alargada, y no chata hacia los Polos*.

Pero ni los Cassini, ni ningún otro de los que defendían la teoría de la Tierra larga querían hablar del fenómeno del péndulo en el que fundaba Newton sus ideas.

La expedición.

La Academia Real de las Ciencias de París.

Los ardientes deseos y esmeros de la Academia Real de las Ciencias de París por el adelantamiento de éstas —escribe Ulloa en la primera parte de su



Demostación de la M^{ta} montaña de S^{ta} Antonio, con la de los precipicios y riesgo de su camino. Moreno sculp.

Viaje desde Guayaquil hasta la ciudad de Quito. Demostación de la montaña de San Antonio, con la de los precipicios y riesgos de su camino. Tomado de JUAN, Jorge, y ULLLOA, Antonio: *Relación histórica del viaje a la América Meridional*. Madrid, 1748.

obra ya citada—, no pudiendo aquietarse en la duda sobre la verdadera figura y magnitud de la Tierra, objeto que por muchos años tenía ocupados en su importante especulación los más hábiles ingenios de la Europa, fueron causa de que aquel sabio Congreso hiciera presente a su Soberano la necesidad de que se terminase ese punto, por ser sumamente útil en especial para la Geografía y la Navegación, proponiéndole el método de poderlo conseguir, que era medir algunos grados de meridiano en las cercanías del Ecuador, los cuales cotejados con los que se habían concluido en Francia o con otros averiguados en el círculo Polar, se pudiese de su igualdad o desigualdad inferir la de las varias partes de su circunferencia y de éstas la de su figura y magnitud.

Se proyectan dos expediciones; una para efectuar mediciones en las proximidades del Polo y otra en las del Ecuador.

La del Polo midió tan sólo un grado, a lo largo de las heladas aguas del río Tornea, al norte del golfo de Botnia, y efectuó sus trabajos entre mayo de 1726 y agosto de 1737. Era una red de ocho triángulos para calcular aproximadamente la medida del arco de un grado. El arco medido fue de 57', y el resultado que la Tierra era *enormemente aplastada por los Polos*.

En la Biblioteca Nacional existe un manuscrito citado por el almirante Guillén Tato en su obra titulado: *Anecdotes physiques et morales sur l'opération faite au Nord pour déterminer la figure de la Terre*, por M. de Maupertuis, jefe de la citada expedición, fechado en 1737, el mismo año que leía en la Academia de Ciencias de París la memoria de este trabajo.

En esta expedición a las tierras polares participaron también los matemáticos Clairaut y Camus, los astrónomos Le Monnier y el abate Outhier, a los que se unió Celsius, profesor de astronomía de la Universidad de Upsala.

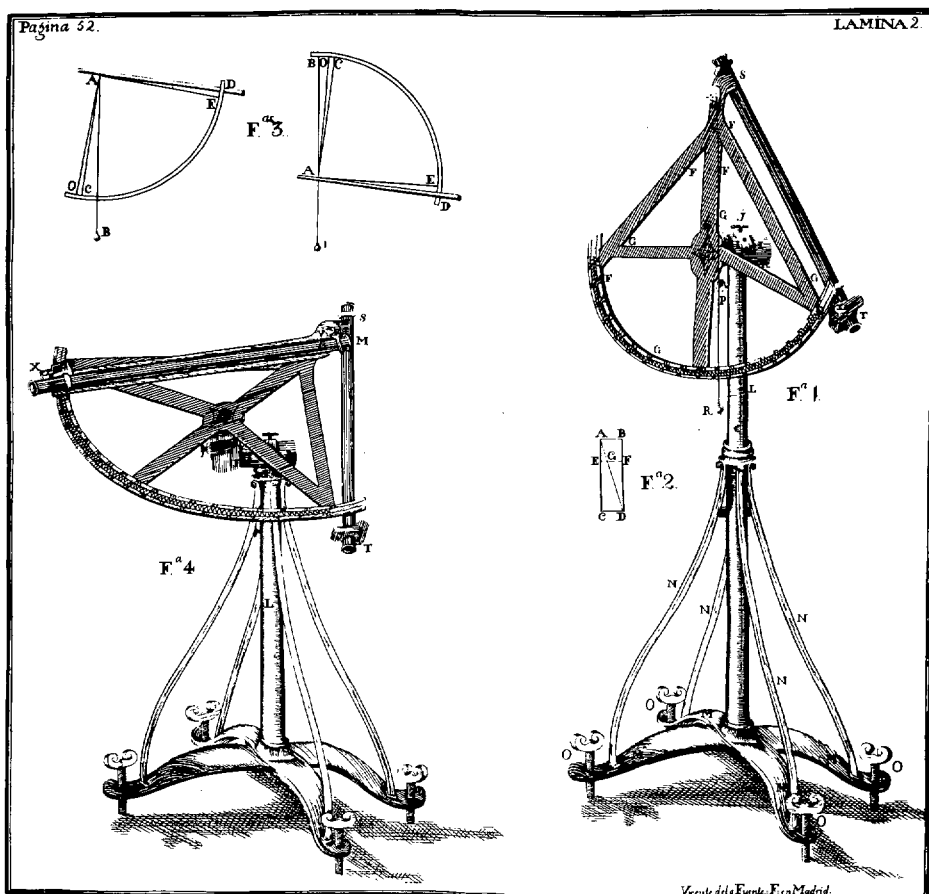
Los resultados confirmaron a Maupertuis su decisión de abandonar las teorías de Cassini por las de Newton, cuestión que llegó a ser motivo de disputa nacional entre franceses e ingleses.

La expedición que la Academia de Ciencias de París quería efectuar en las proximidades del Ecuador, no podía realizarse en otro lugar del Globo más que en el Virreinato del Perú—hoy República del Ecuador— entre las ciudades de Quito y Cuenca. España recibió la petición en marzo de 1734 y tras el informe del Consejo de Indias al Rey Felipe V, se acredite con la condición de que dos científicos españoles participaran en todas las operaciones, *no sólo para que así pudiese hacerse con mayor facilidad y brevedad, sino también para que pudiesen suplir la falta de cualquier académico, o de todos, temible en tantas navegaciones y diferencias de climas y para continuar y aún hacer enteramente ellos solos en caso necesario la medida proyectada, para dar después cuenta de ella a la Academia Real* (1).

Los académicos franceses.

La Comisión francesa quedó integrada por tres jóvenes académicos bastante mal avenidos:

(1) Biblioteca Nacional. Ms. n.º 8.428, p. 26.



Cuarto de círculo. Tomado de JUAN, Jorge, y ULLOA, Antonio: *Observaciones astronómicas y físicas (...)*. Madrid, 1748.

Luis Godin, astrónomo de prestigio, el más joven de los tres, pero el más antiguo de los académicos. De carácter comprensivo y equilibrado, prototipo de sabio, un poco al margen de todo lo ajeno a su trabajo, era el que mejor se relacionaba con los españoles.

Al concluir su misión se quedó de profesor de Matemáticas en la Universidad de San Marcos, en Lima, y más tarde fue profesor y director de la Academia de Guardias Marinas de Cádiz, a propuesta de Jorge Juan.

Pierre Bouguer, de 39 años, era el más viejo de los tres. Enfermo de estómago, de carácter irascible, discutía continuamente con sus compañeros y no soportaba a los dos jóvenes oficiales españoles a los que llamó *pigmeos*. Era un excelente geómetra y había sido profesor de hidrografía en la Escuela Naval de El Havre.

Charles Marie de La Condamine, el tercero de los académicos franceses,

de 34 años, hombre travieso, ingenioso e inquieto, de alta y perturbada mentalidad, también miraba con desdén a los jóvenes marinos españoles, diez años menores que él. Había pertenecido a la Caballería francesa, después se dedicó a escribir y a las ciencias químicas, siendo además un gran viajero. Ambicioso en extremo, pensaba nada más que en su fama, coincidiendo con su compañero y enemigo Bouguer en el poco afecto hacia España y los españoles.

Felipe V, sin embargo, sentía verdadera admiración por la Academia de Ciencias de París, fundada por su abuelo, y sabía el interés y el calor científico que el citado organismo ponía en sus proyectos.

Los marinos españoles.

Jorge Juan y Santacilia, nació en la ciudad de Novelda, provincia de Alicante, el 5 de enero de 1713; era guardiamarina al ser elegido para formar parte de la expedición y tenía en aquella fecha 21 años.

Su talla científica es de todos conocida. Hasta sus mismos compañeros le apodaban con el nombre de Euclides, como el célebre sabio matemático.

Antonio de Ulloa y de la Torre-Giral, nació en Sevilla el 12 de enero de 1716. Guardiamarina desde los 13 años, tenía, al ser elegido para formar parte de la expedición, 18 años. Era menudo, delgado, inteligente y simpático, pero *con ese pícaro carácter sevillano que tanto avasalla*, dice Guillén.

De la gran amistad, comprensión y armonía que reinó siempre entre los dos hay numerosas pruebas, curiosísimas, pues por ejemplo, siempre se trataban de vuestra merced como lo vemos en la correspondencia que mantuvieron después de la expedición hasta la muerte de Jorge Juan, el 21 de junio de 1773, en Madrid.

Antonio de Ulloa a pesar de su naturaleza enfermiza sobrevivió hasta el año 1795, en el que fallece en la Isla de León y es enterrado en la Parroquia de San Francisco.

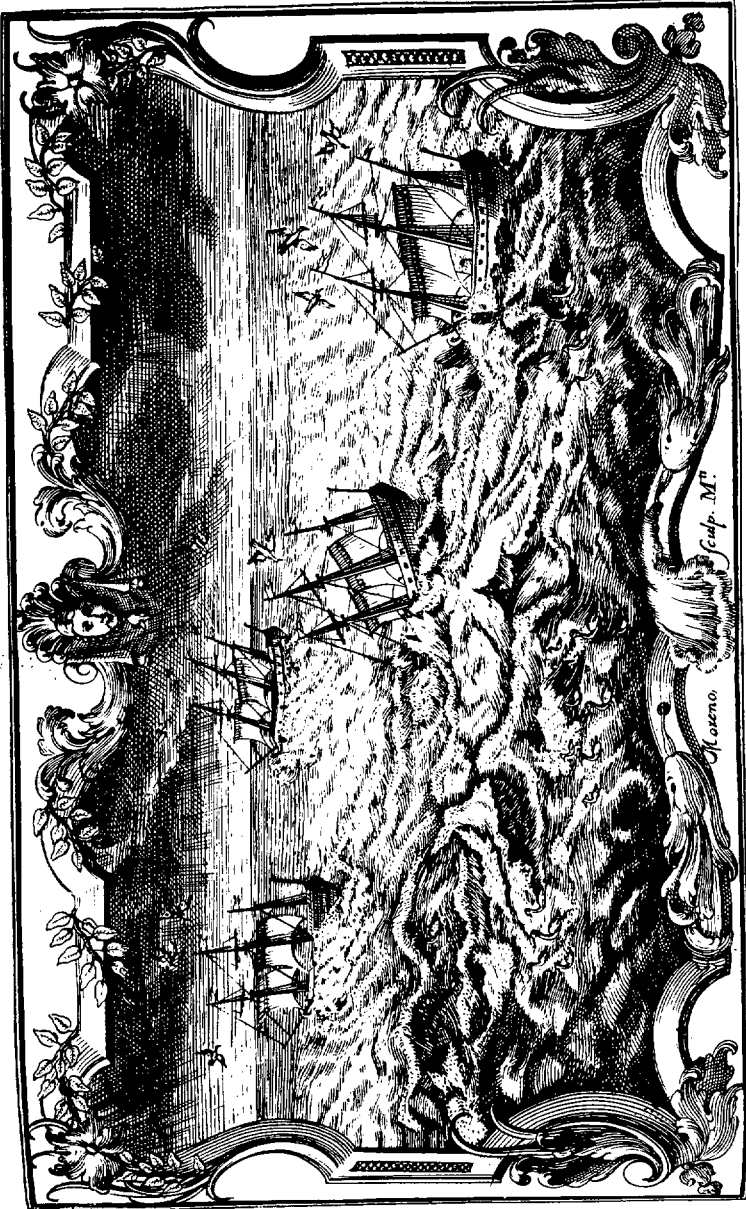
Julio Guillén, en su obra sobre ellos (2), dice que su unidad espiritual era tan grande que había quienes creían que eran hermanos, por el primer apellido del valenciano que parece segundo nombre de pila (3).

Por Real Cédula de 3 de enero de 1735, se les asciende a teniente de navío, empleo inmediato inferior al de capitán de fragata o teniente coronel y que requería el pasar antes —en aquella época— por los de alférez de fragata, alférez de navío y teniente de fragata.

El viaje de ida lo efectuaron en distintos navíos. Juan en *El Conquistador* de 67 cañones, al mando de Francisco Liaño. Ulloa en la fragata *El Incendio*

(2) Julio F. Guillén y Tato: *Los tenientes de navío Jorge Juan y Santacilia y Antonio de Ulloa y de la Torre-Giral y la medición del meridiano*. Madrid: Imp. G. Sáez, 1936.

(3) Aclara este error Cejador en su *Historia de la Lengua y la Literatura castellanias*. Madrid, 1912-1922.



Viaje desde el puerto del Callao a Europa. Grabado por Moreno. Tomado de JUAN, Jorge, y ULLOA, Antonio: Relación histórica del viaje a la América Meridional (...). Madrid, 1748.

de 50 cañones. Ambos navíos parten de Cádiz para Canarias y Cartagena de Indias, con un mes de diferencia, en mayo uno y en junio otro, el año 1735.

A la llegada a Cartagena de Indias, lugar previsto para el encuentro con los académicos franceses, aún no se sabía nada de ellos y Jorge Juan y Antonio de Ulloa aprovechan el tiempo haciendo observaciones astronómicas y comprobando el plano que había levantado de la citada bahía, el ingeniero militar Juan de Herrera (4).

Hasta el 15 de noviembre no llegó a Cartagena la balandra de guerra francesa que traía a los científicos de su país.

Diez días después salen por mar para Portobelo y desembarcan allí, atraviesan el istmo por el río Chagres, y ya en el mar del Sur, por Guayaquil, hasta Quito, a donde llegan con su abultado cargamento.

Antes de comenzar los trabajos ya empezaron las desavenencias entre los franceses. El último recorrido hasta Quito lo hacen por separado. Los oficiales españoles se unen a Godin por ser el jefe de la expedición. La Condamine lo hace en compañía del gobernador de la región de Esmeraldas, Pedro Vicente Maldonado, gran conocedor de la región, autor de obras y proyectos de gran importancia y considerado hoy como gloria nacional de Ecuador.

A pesar de ello, La Condamine se permite hablar en sus memorias de la ignorancia de los españoles respecto del país que recorrían. Sin embargo, en Ecuador se grabaron y editaron mapas en los primeros años del siglo XVIII, y de la provincia de Quito existía uno de fray José de Paredes desde el siglo XVII (5).

Los trabajos geodésicos empiezan con la medición de una base en Yaruqui, el 10 de octubre de 1736, y a partir de ella una serie de triángulos que comprendían todo el enorme valle interandino que se extiende entre Quito y Cuenca.

Lo peor para aquellos hombres fue la adaptación al medio y al género de vida tan duro que soportaron durante los años de la campaña, con terribles calores en los fondos de los valles y fríos intensos en las cumbres nevadas de la cordillera.

Los trabajos fueron largos y penosos, tanto que sólo en el reconocimiento del terreno y la elección de los vértices de la triangulación tardaron un año.

Tuvieron que soportar tiempos durísimos, vientos, lluvias y ventiscas de nieve en las cumbres, en donde se vieron obligados a pernoctar en frágiles tiendas de campaña hechas de pieles, durante varios días, esperando el momento oportuno para poder efectuar las mediciones necesarias. Muchas veces los ayudantes indígenas contratados desertaron y los abandonaron ante la dureza del trabajo.

Para los indios —decía el entonces capitán de fragata Estrada Arnaiz en una conferencia a los alumnos de la Escuela Naval Militar en 1931—, *aquellos*

(4) Archivo de Indias, n.º 123 del catálogo de Panamá.

(5) T. Lanzas n.º 121.



I.^a á Palom.^o sculp.^r Reg.^o inv. del. et incidit.

Alegoría de la medición del Meridiano. Tomado de JUAN, Jorge, y ULLOA, Antonio: *Relación histórica del viaje a la América Meridional (...)*. Madrid, 1748.

sufridos geodestas eran seres extraños de remotos mundos y se les arrodillaban al paso con peticiones de milagro, algunos los creían locos o magos, y otros había que se los figuraban buscadores de ocultos tesoros; hasta la gente acomodada, propietarios de haciendas, no alcanzaban en su escasa cultura a comprender que, por averiguar la forma y dimensiones de la Tierra, pudiera llegarse a pasar tamañas penalidades.

Los trabajos hacia el sur duraron hasta 1740. Por lo general, Godin formó equipo con Juan, mientras Ulloa se unió a los otros dos franceses. Los instrumentos empleados eran los que llevaron los Académicos franceses más los que fueron remitidos a los marinos españoles y que consistían en un péndulo simple, varios anteojos, dos sextantes de reflexión y un cuadrante de 24 pulgadas, que resultaba intermedio entre los dos que llevan los franceses, uno de 36 y otro de 21.

Terminada la medición geométrica del trozo de meridiano, esto es, por medio de la triangulación, faltaba medir la extensión del arco que comprendía para saber el valor del grado en las proximidades del Ecuador. Era necesario medir la latitud en cada extremo de la triangulación. Para ello Godin y Juan instalan su observatorio en Cuenca, mientras el otro grupo se establece en Tarqui, en el poblado de Mama-Tarqui. Estas operaciones se realizaron desde 1700 a 1742.

Finalizados estos trabajos, había que dar cuenta a la Academia de Ciencias de París y se disuelve la Comisión. Godin, algo enfermo, no quiso regresar y aceptó quedarse de profesor de matemáticas y cosmografía de la Universidad de Lima.

Bouguer decidió regresar por el río de la Magdalena, mientras La Condamine, con su inquietud y espíritu aventurero prefirió llegar el Atlántico por el río Amazonas.

Jorge Juan sabía por Godin que había que prolongar la triangulación doce leguas más al norte, hasta Pueblo Viejo de Mira y recuperar así el más pesado de los aparatos que habían dejado allí al iniciar los trabajos. Solo, emprende la ampliación de la red comenzando por el vértice Pambamarca y repitiendo la estación de Guapulo, ambas a más de 4.000 metros.

El 23 de mayo de 1744, concluida ya la triangulación, efectúa, junto con Ulloa, la observación de la latitud de dicho vértice de Pueblo Viejo que era lo más septentrional de la meridiana medida.

Así quedó definitivamente la medición de un arco de $3^{\circ} 26' 52''$ y el valor del grado igual a 56.767,788 toesas ó 132.203 varas de Burgos.

Al compararla con las medidas que obtuvo Maupertuis en Laponia, el resultado era que la Tierra era achatada por los polos, como Newton había defendido y no como decían los Cassini. Se llegó a decir en Francia que los académicos habían aplastado a la Tierra y a los Cassini.

En cuanto a los resúmenes, cálculos y resultados presentados en sus respectivos países, por los comisionados, Jorge Juan se dedicó a la memoria de los trabajos geodésicos (*Observaciones astronómicas y físicas*) y Antonio de

Ulloa a las descripciones (*Relación del viaje, mapas y noticias de todo lo que se halla de particular en los Reinos del Perú por donde hemos transitado*).

Por la primera de estas memorias, se puede comprobar la labor de los españoles comparada con la de los académicos franceses.

Por la segunda de ellas, Ulloa destaca como naturalista y geógrafo, descubridor precisamente del platino en aquella expedición. La *platina* como se le llamó entonces.

Existe en la Biblioteca Nacional un manuscrito titulado *Juicio de Don Antonio de Ulloa sobre el metal platina y modo más económico de explotarlo en el Virreinato de Santa Fé* (6).

Fue tanta la importancia de estas dos memorias que, publicadas en 1748, tuvieron que ser reimpresas en 1773, cuando ya todas las academias científicas de Francia, Inglaterra, Holanda y Alemania habían traducido la primera edición e incluso se había llegado a decir de ella que *esta obra daría algún género de vergüenza a los matemáticos franceses que hasta ahora, de un viaje tan ruidoso, no habían dado más que una imperfecta y corta relación o extracto*.

Al francés la tradujo M. De Mauvillon, imprimiéndose en 1752, en 1850 y 1861 en París y Amsterdam. En inglés se editó cinco veces: en 1758, 1760, 1762, 1772 y 1802. Holanda imprimió una en 1772.

La navegación después de la medición del meridiano.

Terminadas las observaciones efectuadas por la comisión en la medición del arco de meridiano contiguo al Ecuador, se llega a la conclusión de que la Tierra es *una elipsoide lata* —asegura Jorge Juan en el libro IX de sus Memorias— y *la razón de sus diámetros es la de 266 a 265*.

Ahora —continúa— *es necesario manifestar a los marineros, como no es propio navegar sobre ella que sobre una esfera, cuya figura se ha atribuido hasta ahora a la Tierra*.

Para que la figura de la Tierra sea esférica *la diferencia en grados debe ser ninguna* —dice Jorge Juan—, y continúa, *para que sea longa debe exceder el grado de meridiano en el Ecuador a el inmediato en el Polo; y al contrario para que sea lata*.

Explica cómo los grados de meridiano son mayores conforme se apartan del Ecuador y si el navegante le da a la corredera la distancia entre nudo y nudo correspondiente al grado mayor de la Tierra —57.443 toesas—, que es el del polo, *en navegando norte sur en las cercanías del Ecuador, es preciso que encuentre las distancias menores de lo que hace su cómputo, y al contrario, si se le da a la corredera la distancia entre nudo y nudo correspondiente al menor grado* —56.800 toesas—, *que es el contiguo al Ecuador*.

(6) Colección Ayala. Vol LXXI, fol. 1. Cat. de Domínguez Bordona, 347. Fecho en la Isla de León, 30-I-1788.

Jorge Juan expone en su obra cómo después de esta medición, hay que tener en cuenta la diferencia entre los distintos grados de latitud sobre la superficie de la Tierra, que puede llegar a ser hasta de 643 toesas.

Hasta ahora se usaban para las cartas esféricas las Tablas de partes meridionales de Eduard Wright referidas a la representación de la esfera en el plano y dice Jorge Juan: *La misma proyección pues que Mr. Wright le dio a la esfera podemos darla nosotros a la elipsoide porque aunque en ésta no sean los grados de meridiano iguales, no quita para que los aumentemos a la misma razón que tiene el radio con las secantes de las latitudes, dejando también los meridianos, paralelos y los grados de longitud todos iguales al del Ecuador que ya establecimos en 57.228 1/2 toesas (7).*

Se preocupa de que los marinos sigan en su antigua y errada idea sin adoptar la corrección que se propone con la nueva *Tabla de partes meridionales para la Elipsoide cuya razón de diámetros es la de 266 a 265* que incluye en su obra y termina con un capítulo sobre *la corrección que de la desigualdad de los grados en latitud se origina en las diferencias en latitud y distancias, la práctica de la navegación sobre la elipsoide* y una serie de problemas para calcular las diferencias en latitud dada la distancia navegada *debajo del meridiano* y para hallar las coordenadas dada la distancia navegada *debajo de un rumbo oblicuo*. Otros problemas que expone son: dada la diferencia de latitud y el rumbo, hallar la distancia y la longitud; dadas las diferencias en latitud y la distancia, hallar el rumbo y la longitud, y dadas las coordenadas hallar el rumbo y la distancia.

(7) Libro IX de las memorias de Jorge Juan. Cap I. p. 351.

BIBLIOGRAFIA

- CAPEL, H.: *Geografía y Matemáticas en la España del siglo XVIII*. Barcelona, 1982.
- ESTRADA ARNAIZ, R.: *Jorge Juan y Antonio de Ulloa en el Perú*. Conferencia dada en la Escuela Naval Militar el 28 de octubre de 1931 por el C. de F. D. Rafael Estrada Arnaiz. San Fernando: Imprenta de la E. N. M., 1931.
- FERNÁNDEZ DURO, C.: *Armada Española*. Madrid. Tip. Sucesores de Ribadeneyra. 1895-1903.
- GARCÍA FRÍAS, J.: *Jorge Juan y la ciencia náutica en la Carrera de Indias*. Cádiz: Aula Militar de Cultura, 1967.
- JUAN, J. y A. ULLOA: *Observaciones astronómicas y físicas hechas de orden de S. Mag. en los Reynos del Perú, de las quales se deduce la figura y magnitud de la Tierra y se aplica a la Navegación (...)*. Madrid: Juan de Zúñiga, 1748.
- *Relación histórica del viaje a la América meridional hecho de orden de S. Mag. para medir algunos grados de meridiano terrestre y venir por ellos en conocimiento de la verdadera figura y magnitud de la Tierra, con otras observaciones astronómicas y físicas*. Madrid, Antonio Marín, 1748.