

JORGE JUAN Y LA EXPEDICIÓN PARA MEDIR EL ARCO DE MERIDIANO

Marcelino GONZÁLEZ FERNÁNDEZ



Jorge Juan



CUANDO el 5 de enero de 1713, hace trescientos años, venía al mundo en Novelda, Alicante, Jorge Juan Santacilia, nadie podía pensar que estaba naciendo el que iba a ser uno de los hombres más sabios, uno de los más eminentes científicos de la España del siglo XVIII y uno de los marinos más preclaros de todos los tiempos.

El tercer centenario de su nacimiento es un buen momento para recordar una de las más destacadas misiones que llevó a cabo a lo largo de su vida, en aras de la ciencia y de la Armada, cuando no era más que un joven que no hacía mucho había doblado el rubicón de los 20 años de edad: su participación en la expedición para la medición de un arco del meridiano en el Ecuador y para conocer la forma de la Tierra.

Sus primeros tiempos

Tras haber realizado sus primeros estudios en Alicante y Zaragoza, cuando tenía 12 años se trasladó a Malta, donde fue paje del gran maestre de la Orden de San Juan de Jerusalén y caballero de dicha orden. Y en 1729 se trasladó a Cádiz, donde sentó plaza de guardia marina al año siguiente, y donde entre otras materias destacó en los estudios de matemáticas, astronomía, navegación y cosmografía, de tal manera que sus compañeros le pusieron el mote de «Euclides». Tras efectuar navegaciones durante tres años por el Mediterráneo



Jorge Juan. Apunte a lápiz por Marcelino González a partir de un grabado de época.

tomando parte en operaciones en Orán y otros lugares, en 1734, cuando solo era un joven guardia marina de 21 años, junto con Antonio de Ulloa de 18 años, fue designado miembro de la expedición para medir el arco de meridiano.

El dilema de la forma de la Tierra

Que la Tierra era redonda ya lo decían los sabios y filósofos de la antigüedad. Pitágoras (alrededor de 570-495 a. de C.) afirmaba que no podía ser de otra manera. Aristóteles (384-322 a. de C.) decía lo mismo. Más adelante, Eratóstenes (276-194 a. de C.) efectuó mediciones del arco del

meridiano y calculó con una exactitud sorprendente para la época que la circunferencia de la Tierra era de unos 250.000 estadios (sobre 39.700 km). Y andando el tiempo, Posidonio (135-51 a. de C.) efectuó nuevas mediciones, aunque esta vez el resultado obtenido dio una circunferencia menor, de unos 180.000 estadios (sobre 29.000 km), que se alejó de los 40.000 km reales. En los primeros tiempos de la era cristiana, en muchos ámbitos fue aceptada la teoría de Aristóteles, y la Tierra era considerada como una gran esfera con mucha agua y un continente habitado por arriba, ya que pensaban que los posibles continentes que estuvieran al otro lado tenían que estar deshabitados ante la imposibilidad de vivir cabeza abajo.

Las medidas de Posidonio fueron aceptadas por el gran geógrafo Ptolomeo (sobre 85-165 de nuestra era), quedaron reflejadas en muchos mapas de su época y fueron aceptadas por geógrafos, cosmógrafos y cartógrafos de épocas posteriores, que por ello consideraban la Tierra mucho más pequeña de lo que es en realidad. Así era representada en la carta de Toscanelli (1397-1482), que al parecer fue una de las fuentes de inspiración de Colón para llevar a cabo su hazaña del descubrimiento de América. Según dicha carta, Cipango y Catay (Japón y China) estaban hacia el oeste, mucho más cerca de lo que en realidad están. Si en lugar de las 1.025 leguas que Colón creía que había a Cipango, hubiera sabido que en realidad eran 3.150, a lo mejor no hubiera emprendido

su viaje y las cosas hubieran seguido otros derroteros. Por otra parte, desde los tiempos de los griegos se venía discutiendo el dilema de la esfericidad y forma de la Tierra, que en el siglo XVIII era un tema muy debatido. Dejando de lado las teorías de la Iglesia, en el ámbito científico casi todo el mundo opinaba sobre su redondez. Unos creían que era una esfera perfecta, como el máximo exponente de la perfección de un cuerpo geométrico, y así opinaban muchos marinos. Pero otros mantenían que la Tierra no era una esfera tan perfecta. Entre estos últimos, unos argumentaban que tenía forma de melón o limón, alargada por los polos y contraída por el Ecuador, y otros sostenían que, por el contrario, era como una sandía o una naranja, achatada por los polos y ensanchada por el Ecuador.

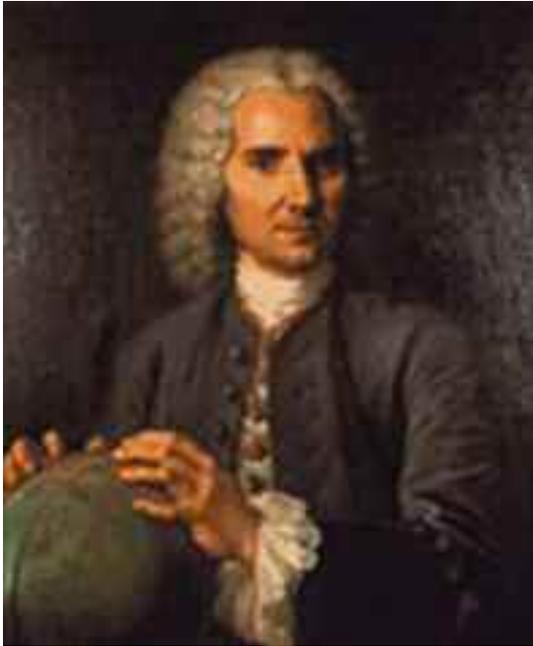
El filósofo, físico y matemático francés Descartes (1596-1650), también conocido como Cartesius, había dicho que era alargada por los polos (*Eléments d'Astronomie*), y el director del Observatorio de París, Giovanni Domenico Cassini (1625-1712), era de la misma opinión a raíz de unas mediciones efectuadas a arcos de meridiano en Francia. Para ellos no había duda, la Tierra era alargada por los polos y contraída por el Ecuador. En cambio el físico, filósofo y matemático inglés Newton (1642-1727) era de la opinión contraria. Decía que era achatada por los polos (*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*) y mantenía que en los cálculos de Cassini había errores.

Aquellas dos posiciones fueron muy discutidas entre los dos grupos que lideraban ambas ideas: los cartesianos (Francia) y los newtonianos (Inglaterra), hasta tal punto que las discusiones sobre la forma de la Tierra abandonaron el campo meramente científico para adentrarse en terrenos resbaladizos de tinte ideológico y corte nacionalista. Y como no se ponían de acuerdo, comprendieron que para saber quién tenía razón era necesario efectuar nuevas mediciones y dilucidar la verdad.

El proyecto

La forma de encontrar la solución al dilema pasaba por medir las longitudes de dos arcos del meridiano terrestre comprendidos dentro de un ángulo de un grado con vértice en el centro de la Tierra, uno de ellos localizado cerca del Ecuador y el otro en las cercanías del Polo Norte, y comparar resultados.

Para llevar a cabo estas mediciones, el matemático francés Louis Godin propuso llevar a cabo una expedición científica al Perú, y efectuar allí las mediciones cercanas al Ecuador. Consideraba que con esta expedición, además de la medida del arco de meridiano y la determinación de la forma de la Tierra, se obtendrían datos que repercutirían de forma muy positiva en la cartografía, ya que al aumentar la precisión de la representación de las longitudes y latitudes se produciría un incremento de la precisión de la navegación y reportaría una gran fama a la Academia francesa. Fueron unos argumentos



Louis Godin, presidente de la expedición.
(Fuente: www.wikipedia.org).

que convencieron al Gobierno francés, gustaron a Luis XV y sirvieron para conseguir la correspondiente financiación.

La elección del entonces Virreinato de Perú se debió a varias circunstancias, de las que una muy importante era que por él pasaba el Ecuador y se podía recorrer sin problemas, ya que era parte del territorio español, y el rey de España, Felipe V, era nieto de Luis XIV. Otros territorios por los que pasaba el Ecuador, localizados en África o Indonesia, en aquella época aún no habían sido explorados, eran territorios desconocidos y por ello no se podían explorar.

El secretario de Marina francés, conde de Maurepas, impulsó las primeras gestiones con la corte de Madrid a través del embajador de Fran-

cia en España. Por su parte el secretario de Marina español, Patiño, convenció al rey Felipe V de la conveniencia de participar en el proyecto con algún representante de España. Y tras la petición formulada por Luis XV a Felipe V en 1734 pidiendo permiso para llevar a cabo la expedición por tierras del Perú, el rey de España, previo informe del Consejo de Indias, dio su aprobación. El citado Consejo había calificado la misión como muy útil, y el 6 de marzo de 1734 había elevado un informe muy favorable diciendo además que sería conveniente que con los científicos franceses fuesen «...uno o dos sujetos inteligentes en las Matemáticas y Astronomía...». Y el 27 de agosto del mismo año, dicho Consejo insistió en su propuesta de que en la expedición fuera algún español, apuntando que en ningún otro sitio se encontrarían candidatos más a propósito que en la Escuela de Guardias Marinas, «...de cuyo conocimiento nadie puede estar más instruido que el señor D. José Patiño...».

Fue por estas razones por las que al dar su consentimiento Felipe V puso la condición de que en la expedición fuesen también españoles: «...que a este fin quería destinar a dos de sus más hábiles oficiales que acompañasen y ayudasen a los académicos franceses en todas las operaciones de medida, no solo para que así pudiese hacerse con más facilidad y brevedad, sino también para

que pudiese suplir la falta de cualquier académico o de todos... y aun hacer enteramente ellos solos, en caso necesario, las medidas proyectadas...».

La propuesta de Felipe V fue aceptada, y Patiño, que no debía de andar muy sobrado de científicos de cierta talla, designó a Jorge Juan y a Antonio Ulloa, que eran muy jóvenes, sin experiencia ni graduación militar, aunque ambos marinos poseían una amplia formación teórica. En consecuencia se confió en ellos, y su nombramiento oficial para tomar parte en la expedición tuvo lugar el 3 de enero de 1735, y para que estuvieran a la altura de las circunstancias fueron ascendidos directamente a tenientes de navío, saltando los tres grados inferiores: alférez de fragata, alférez de navío y teniente de fragata. En un principio, para acompañar a

Jorge Juan se había pensado en designar al también guardia marina Juan García del Postigo, de 19 años de edad, pero la designación no se llegó a producir porque estaba embarcado y navegando, y no iba a llegar a tiempo para incorporarse a la expedición. Estos nombramientos demuestran el alto nivel que estaba alcanzando el sistema de enseñanza impartido por la Compañía de Guardias Marinas, que en aquella época se estaba convirtiendo en el primer centro de enseñanza científica de España.

Las instrucciones previas que recibieron los dos españoles, decían que «además de las observaciones que quedan expresadas y de las que en compañía de los académicos franceses deben practicar, ejecutarán en particular todas aquellas otras que les parezcan consecuentes y que puedan ser útiles para perfeccionar la Geografía y la Navegación». También recibieron otros encargos orientados a recoger información y a desarrollar diferentes trabajos por las zonas a recorrer o visitar, relacionados con botánica; planos de ciudades, puertos y fortificaciones; estado de las provincias, pueblos y lugares; fertilidad o



Retrato de Jorge Juan en un emblema antiguo.
(Colección de Marcelino González).

esterilidad de los campos; cualidades de los naturales; posturas de los indios rebeldes; etcétera.

La comisión

Para resolver el dilema de la forma y dimensiones de la Tierra, la Real Academia de Ciencias de París organizó la citada comisión científica, que viajó a Quito —en el antiguo Virreinato del Perú y hoy capital de Ecuador— en las inmediaciones del Ecuador terrestre, para medir la longitud de un grado de arco de meridiano en aquella zona y compararlo con la longitud de otro grado de arco de meridiano medido por el científico Maupertius —acompañado por los científicos Celsius, Clairault y Lemmonier— en Laponia, en la zona del Círculo Polar Ártico, en una latitud de $66^{\circ} 20'$.

Por parte de Francia, en la expedición al Perú participaron un total de 22

hombres: nueve científicos —entre ellos Louis Godin, matemático y presidente de la comisión que él mismo había propuesto; Pierre Bouguer, astrónomo, geógrafo e hidrógrafo, y Charles-Marie de La Condamine, matemático y geógrafo—, seis esclavos negros y siete criados. Y por parte de España fueron elegidos los dos jóvenes oficiales de la Armada antes citados: Jorge Juan y Antonio de Ulloa.



Retrato de Bouguer. (Fuente: www.wikipedia.org).

La expedición

La expedición se desplazó a América en 1735. Los franceses salieron los primeros, el 16 de mayo de La Rochelle, a bordo del

Portefaix de 44 cañones, y llegaron el 15 de noviembre a Cartagena de Indias, donde ya estaban los españoles, que habían salido de Cádiz el 28 de mayo; Jorge Juan a bordo del navío de 64 cañones *Conquistador*, mandado por Francisco Liaño, y Ulloa en la fragata de 50 cañones *Incendio*, al mando de Agustín Iturriaga. En el *Conquistador* también había embarcado José de Mendoza Caamaño y Sotomayor, marqués de Villagarcía, recién nombrado virrey del Perú, que se iba a hacer cargo de su puesto. Los españoles llegaron a Cartagena de Indias el 26 de junio, y esperaron a los franceses para reunirse con ellos, aprovechando para levantar el plano de Cartagena usando instrumentos prestados.

Una vez reunidos todos los miembros de la expedición, el 25 de noviembre salieron para Portobelo y llegaron a Panamá el 29 de diciembre, donde permanecieron hasta febrero de 1736. Durante este tiempo, los españoles levantaron diversos planos e hicieron numerosas observaciones. El 22 de febrero de 1736 zarparon rumbo al Perú a bordo del mercante *San Cristóbal*, para desembarcar en la zona de Guayaquil y llegar hasta Quito.

En estas etapas iniciales del viaje se empezaron a producir los primeros enfrentamientos entre los expedicionarios, al discutir dos aspectos de las mediciones que iban a realizar. El primero era si debían hacer las mediciones sobre un arco de Ecuador, de meridiano, o de ambos. El segundo era si las debían hacer en la llanura litoral de la provincia de Quito, como proponían Bouguer y La Condamine, sin necesidad de subir a Guayaquil y continuar hacia la capital, o si debían subir a realizarlas en las montañas, en las proximidades de Quito, como proponía Godin por motivos de seguridad y de logística. Ganó la alternativa de realizarlas en las montañas midiendo solo el meridiano, como había propuesto Godin, que se salió con la suya desde su puesto de presidente y jefe de la comisión, aunque su autoridad empezó a decaer por su postura de total inflexibilidad.

Los expedicionarios también empezaron a sufrir las



Retrato de La Condamine en un grabado de época.
(Fuente: www.wikipedia.org.)

inclemencias de los lugares por donde pasaban, de las que dejaron constancia escrita. En Portobelo, a los intensos aguaceros y tempestades con muchos truenos, se les unió el enorme e incómodo ruido producido por los muchos monos de la zona. El río Chagres estaba plagado de mosquitos, monos y caimanes. Y en Guayaquil, además de caimanes y plagas de mosquitos, se encontraron con sapos, ratones, alacranes, víboras y muchos otros representantes indeseables del reino animal.

La expedición hizo un alto en Manta, donde se realizaron diversas observaciones. A continuación se dividió en dos grupos: La Condamine continuó viaje hacia Quito a través del Camino de las Esmeraldas, que estaba medio abierto, y el resto lo hizo pasando por Guayaquil.

El ascenso a Quito desde Guayaquil fue muy duro y causó muchos problemas. Hubo que subir a lomos de mulas las cajas con instrumentos, libros, efectos personales y otros materiales, realizando frecuentes altos para descansar y reponerse de las dificultades que suponía la falta de oxígeno conforme se ganaba en altura.

La llegada a Quito de los que fueron por Guayaquil tuvo lugar el 29 de mayo de 1736, donde se reunieron todos el 10 de junio, más de un año después de su salida de Europa. Al darse a la buena vida, en poco tiempo se quedaron sin dinero, por lo que a mediados de verano La Condamine se tuvo que desplazar a Lima para conseguir más del virrey, echando mano de sus cartas de crédito.

Las mediciones

La finalidad de la expedición, como ya quedó dicho, era medir la longitud de un arco de meridiano cerca del Ecuador, asociado a un grado con vértice en el centro de la Tierra. Para llevar a cabo este estudio, los pasos a seguir eran los siguientes:

- Fijar el meridiano a estudiar.
- Calcular la longitud de un arco de dicho meridiano comprendido entre dos puntos de la superficie de la Tierra, mediante triangulaciones topográficas.
- Calcular el ángulo desde el centro de la Tierra comprendido entre los extremos del arco previamente medido, por medio de observaciones astronómicas.
- Calcular la longitud del arco que correspondería al ángulo antes calculado para un radio constante de la Tierra.
- Calcular la longitud que correspondería al arco del paso anterior al nivel del mar.

Este trabajo comprendía dos fases, una topográfica o geodésica de mediciones sobre la superficie terrestre, para determinar la longitud de un arco de meridiano, y otra astronómica, con observaciones de astros para determinar las coordenadas de los extremos de dicho arco y obtener ángulos con vértices en el centro de la Tierra.

Como se puede vislumbrar, los problemas que se presentaban ante la expedición eran muy grandes, debido a las condiciones físicas en que se iban a realizar, a lo experimental de los métodos a seguir, y a la poca fiabilidad de los instrumentos de la época. Las condiciones físicas derivaban de los lugares donde se iban a efectuar las mediciones, localizados en sitios muy altos, de los más accidentados de la Tierra, a veces de difícil acceso, aislados y alejados de la civilización. El mal de alturas, las malas condiciones meteorológicas, el frío, el hambre, la soledad, la dureza del terreno y el mal ambiente entre los miembros de la expedición complicaron las cosas. El método a seguir fue también una fuente de problemas y motivo de continuas discusiones.

En cuanto a los instrumentos, eran artesanales, habían sido contruidos para su uso en laboratorios y, al verse sometidos a continuos movimientos por los viajes y cambios de emplazamientos, a diferentes alturas y en situaciones atmosféricas muy variables, presentaban problemas de estabilización, vibraciones, dilataciones, contracciones y otros cambios, dependiendo de la temperatura, humedad, viento y demás elementos ambientales. Además, para establecer un meridiano y fijar los extremos de su arco era necesario calcular latitudes muy precisas y establecer longitudes exactas para evitar desvíos laterales de dicho meridiano, para lo que era necesario «transportar» la hora, cosa difícil al no contar con verdaderos cronómetros, que aún no se habían inventado, y los relojes de péndulo eran muy poco fiables.

Fase topográfica

La fase topográfica comprendió el estudio de mapas de la zona para determinar la mejor localización de una línea base de partida. Una vez realizado el estudio, se trazó la citada línea base, localizada en las llanuras de Yaruqui, a unos 20 km al noreste de Quito. Consistió en abrir una zanja recta de medio metro de ancho aproximadamente y una longitud de casi 6.500 toesas, equivalentes a poco más de 12 kilómetros.

La toesa era una unidad de medida de longitud representada por una barra metálica de 1,946 metros de largo, que los franceses habían llevado desde París entre los instrumentos de medida que los expedicionarios utilizaron para el cálculo exacto de la longitud de las líneas base de partida y terminal comprobatoria, en el que había que tener en cuenta los efectos de dilatación o contracción que podían producir los cambios de temperatura ambiente.

La apertura de la zanja para la línea base de partida supuso un arduo traba-



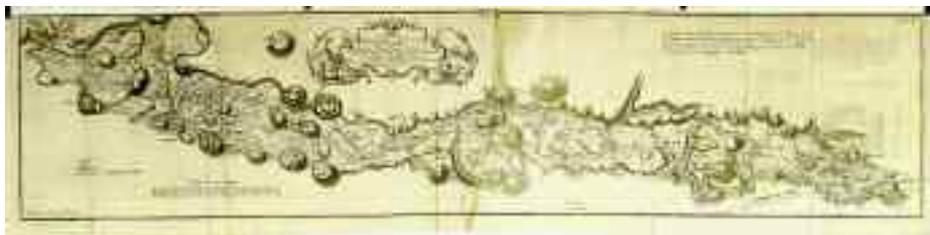
Reproducción de una toesa, antigua medida de longitud equivalente a 1,946 metros. Las toesas fueron utilizadas por los científicos de la medida del meridiano. (Museo Naval de Madrid).

jo de zapa, vadeo de barrancos, desbrozado, arranque de arbustos, etc. Las mediciones de la longitud exacta de dicha base comenzaron el 8 de octubre de 1736 y se prolongaron hasta el 5 de noviembre, con lo que obtuvieron la dimensión de uno de los lados del primer triángulo. En las cercanías de Cuenca se levantó otra línea terminal comprobatoria.

Los expedicionarios se organizaron en dos grupos para efectuar mediciones cada uno por su lado y contrastar resultados; en uno de los grupos estaban Godin y Jorge Juan, y en el otro se encontraban Bouguer, La Condamine y Ulloa. La longitud promedio obtenida de la línea base fue de 6.272 toesas, cuatro pies, tres pulgada y siete líneas, equivalentes a 12.206,5 m. La diferencia entre las medidas obtenidas por los dos grupos fue de 12 centímetros.

En agosto de 1737 comenzaron las triangulaciones, con la resolución del primer triángulo sobre el terreno, formado por la línea base de partida, de longitud ya calculada, y un vértice opuesto predeterminado, para lo que midieron los ángulos desde los extremos de la base al vértice, y a continuación calcularon por trigonometría las longitudes de los otros dos lados. Una vez conocidas las dimensiones de los tres lados del primer triángulo, uno de los lados recién calculados se usó como base de un segundo triángulo, y utilizando un nuevo vértice se calcularon los otros lados, y así sucesivamente. Mientras realizaban los primeros trabajos vivieron en buenos alojamientos del área de Quito durante algo más de un año.

Repitieron el proceso una y otra vez en nuevos emplazamientos, y llegaron a medir hasta 32 triángulos encadenados a lo largo de una línea de 350 km desde Quito a Cuenca, que de forma aproximada correspondían a un ángulo de tres grados de meridiano desde el centro de la Tierra. Para ello utilizaron como vértices dos filas de picos separados por un amplio valle, sin obstáculos intermedios para su visualización. Tardaron unos dos años en realizar este trabajo, desde agosto de 1737 a julio de 1739, en los que conforme avanzaban tuvieron que vencer grandes incomodidades, viviendo en tiendas de campaña y cabañas a unos 3.000 metros de altitud, y recurriendo a mascar hoja de coca para vencer el mal de alturas ocasionado por la falta de oxígeno. Además, habían pensado



Carta con la red de triangulaciones medidas por la expedición. (Museo Naval de Madrid).

que con la elección de los picos de las altas montañas podrían tener buenas visibilidades de unos a otros para facilitar las mediciones, pero con frecuencia aparecían cubiertos por la niebla, lo que ocasionó continuos retrasos al tener que esperar durante días a que estuvieran despejados.

Para finalizar esta fase, efectuaron la medición precisa de la línea terminal comprobatoria, encaminada a garantizar la exactitud de sus cálculos, al comparar su longitud medida de forma directa con la calculada por trigonometría. De esta manera obtuvieron con la máxima exactitud posible la longitud total del arco de meridiano que acababan de medir.

Durante todo aquel tiempo continuaron los enfrentamientos entre los expedicionarios, que habían comenzado casi desde el principio y se mantuvieron a lo largo de toda la expedición. De hecho, al parecer Godin se negaba a tener relaciones con el otro grupo e intercambiar sus observaciones.

A continuación, Bouguer viajó a Guayaquil para determinar la cota de la meseta. Mientras tanto, La Condamine levantó una especie de monumentos con pirámides para marcar los extremos de la línea base y conmemorar los trabajos efectuados, en las que puso unas inscripciones que no hacían claras referencias ni al rey de España ni a los componentes españoles de la expedición, lo que dio lugar a nuevos conflictos y enfrentamientos, esta vez con Jorge Juan y Ulloa. Durante varios meses hubo pleitos en la Audiencia de Quito hasta que se cambiaron las inscripciones (aunque seis años más tarde, las autoridades locales ordenaron destruir totalmente aquellos monumentos). Y Godin por su parte, que a aquellas alturas había caído en desgracia y necesitaba dinero, empezó a gestionar la posibilidad de quedarse como profesor de matemáticas en la Universidad de Lima.

Fase astronómica

La fase astronómica comprendió la realización de observaciones encaminadas a calcular el ángulo comprendido entre los extremos del arco de meri-



Retrato de Ulloa. (Museo Naval de Madrid).

diano que habían elegido y acababan de medir. Aquellas observaciones astronómicas habían empezado a finales del año 1738 y se prolongaron hasta 1740. Pero cuando en abril de 1740 parecía que ya estaban casi terminadas, aparecieron errores en las lecturas astronómicas por defectos de los instrumentos utilizados, por lo que decidieron repetirlas. Entre los instrumentos defectuosos se encontraba un observador cenital del Sol, en el que una larga estructura de unos 12

pies de altura tenía una larga barra, que al menor movimiento temblaba y oscilaba dificultando las lecturas.

En aquel tiempo, llegó a los expedicionarios información de Francia por la que supieron que la expedición de Maupertius había terminado sus trabajos de medir el arco de meridiano en Laponia. También supieron que de la comparación de la longitud de aquel arco, con el que hacía tiempo se había medido en territorio francés, se había llegado a la conclusión de que la idea de Newton era la buena, y la Tierra era achatada por los polos, en contra de la opinión que predominaba en Francia. Y se les invitaba a suspender los trabajos y regresar a casa. Pero ignoraron la invitación y decidieron seguir adelante. Las nuevas mediciones se prolongaron hasta principios de 1743 para Bouguer y La Condamine, y hasta mayo de 1744 para Godin y los dos oficiales españoles.

Paréntesis entre fases

Durante las mediciones, Jorge Juan y Antonio de Ulloa tuvieron que abandonar la expedición más de una vez para atender otras obligaciones. El desencadenante fue la guerra entre España e Inglaterra —conocida como «Guerra de la Oreja de Jenkins» (1739-1748)—, la precaria situación de las defensas costeras y la amenaza de ataques por parte de la escuadra del británico George Anson, que se sabía que iba a entrar en el Pacífico doblando el cabo de Hornos.

La Junta de Guerra había decidido entre otras cosas construir, armar y dotar ocho galeotas, y el 24 de septiembre de 1740, el virrey Villagarcía escribió a Jorge Juan y a Ulloa ordenándoles que acudieran a Lima para tomar parte en su defensa. Los marinos se presentaron en la ciudad el 18 de diciembre siguiente, y se les encargó que colaborasen en las operaciones de fortificación de El Callao y en la construcción de dos galeotas en su arsenal. Permanecieron en Lima hasta el 8 de agosto de 1741, en que ante noticias de que no había peligro de barcos enemigos en el Pacífico partieron hacia Quito, a donde llegaron el 5 de septiembre para reintegrarse a la expedición.

Pero los barcos ingleses, que habían invernado en Juan Fernández, comenzaron sus correrías con varias capturas por el Pacífico Sur, por lo que a finales de diciembre de 1741 Jorge Juan y Ulloa estaban colaborando en la defensa de Guayaquil. Pasado el peligro, mientras Jorge Juan continuó en la ciudad, Ulloa se reincorporó a la expedición. Pero en enero de 1742, ambos fueron llamados de nuevo a Lima para participar en su defensa, hacia donde partieron el día 22. De nuevo tomaron parte en la revisión y seguimiento de las defensas terrestres y en la preparación de dos barcos de 30 cañones que luego mandaron. Y el 4 de diciembre de 1742 zarparon con dichos barcos: Jorge Juan al mando del *Belén* y Ulloa del *Rosa*, para defender el Mar del Sur. Realizaron patrullas y otros cometidos, hasta que el 6 de julio de 1743 regresaron de invernada a El Callao.

Creyeron los marinos que podrían reincorporarse de nuevo a la expedición, pero el virrey había dispuesto otras cosas. Villagarcía ordenó a Jorge Juan hacerse cargo de las galeotas de Guayaquil para defender El Callao, y a Ulloa le encargó el reconocimiento de las costas para determinar posibles puntos de desembarque del enemigo.

Terminados sus nuevos trabajos, Jorge Juan salió de El Callao el 14 de noviembre y Ulloa el 24 de diciembre, y regresaron a Quito, a donde llegaron a finales de diciembre de 1743 y principios de enero de 1744 respectivamente para incorporarse a la expedición.

Final de la expedición

Cuando Jorge Juan y Ulloa se unieron a la expedición, Bouguer y La Condamine ya se habían marchado, y los españoles quedaron con Godin haciendo más mediciones, observaciones y lecturas.

La expedición francesa prácticamente se había deshecho en el año 1743 y cada uno de sus miembros había seguido su propio camino. Godin, que era el presidente, continuó los trabajos, logró quedarse en Perú como profesor de matemáticas en la Universidad de Lima, que era lo que andaba buscando, y obtuvo dinero con la venta de los instrumentos que había llevado a la expedi-

ción. Con parte del dinero conseguido de aquella venta, Bouguer se pagó el viaje de regreso a Francia, saliendo de Quito el 23 de febrero de 1743. Fue el primero en regresar a Europa, desembarcando en Brest en junio de 1744. En dicho año presentó su informe a la Academia, y en 1749 publicó *La Figure de la Terre*. La Condamine regresó a Francia más tarde, y sostuvo con Bouguer un largo enfrentamiento en la Academia sobre los cálculos exactos de la medida del diámetro terrestre, que finalizó a la muerte de Bouguer en 1758.

Jorge Juan y Ulloa continuaron los trabajos con Godin, hasta que los dieron por terminados en mayo de 1744. Jorge Juan regresó a España, llegó a Brest el 31 de octubre de 1745 y se trasladó a París para entrevistarse con los académicos franceses y presentar sus conclusiones. A propuesta de La Condamine, la Academia francesa le admitió como socio correspondiente el 4 de febrero de 1746.

Resultados y problemas

La longitud promedio del arco de grado de meridiano obtenida por los científicos en el Ecuador fue de 56.767,8 toesas (110,47 Km), con un desvío promedio de 22,63 toesas (44 m), y el radio terrestre en el Ecuador resultó ser de 6.378,388 km. Posteriores estudios desarrollados por el Servicio Geográfico del Ejército francés en 1899 dictaminaron que los cálculos realizados por Jorge Juan eran los que presentaban un desvío menor.

Después de comparar los datos obtenidos en Laponia, donde el radio resultante fue de 6.356,515 km, con los logrados en el Ecuador, quedó claro que el radio de la Tierra era mayor en el Ecuador que en el polo, dando la razón a los que defendían la teoría de que la Tierra era achatada por los polos y ensanchada por el Ecuador, con una diferencia de radios de 21,873 km. Pero a esta conclusión ya se había llegado antes de terminar la expedición del Ecuador, gracias a los resultados obtenidos por el científico Maupertius en Laponia y su comparación con los previamente logrados en la propia Francia, por lo que de manera muy global y en líneas generales los resultados alcanzados por la expedición a Perú fueron considerados poco menos que inútiles.

Fueron además un gran fracaso para Francia bajo tres aspectos: científico, económico y humano, los tres íntimamente ligados.

El fracaso científico se debió a que los resultados finales ya se sabían por otras expediciones y mediciones, que habían finalizado antes de que la gente desplazada al Perú hubiese terminado sus cálculos. Además, aquellos resultados finales demostraron que la Tierra tenía la forma que había previsto Newton, en contra de lo que habían opinado Cassini, Descartes y gran parte de la Academia francesa. En resumen: habían estado trabajando durante casi 10 años para obtener unos resultados contrarios a lo que querían y esperaban,

y además los terminaron cuando otros habían finalizado los suyos y habían llegado a las mismas conclusiones.

El fracaso económico, ligado al científico, se debió al gran dispendio de dinero que supuso el pagar los gastos ocasionados por los expedicionarios durante los 10 años que duraron los trabajos, unido al despilfarro económico por parte de algunos de ellos, que finalizó con la venta del material científico para poder costear los viajes de regreso.

El fracaso humano se debió a la total falta de entendimiento y a los continuos enfrentamientos entre los miembros de la expedición, algunos de los cuales en líneas generales ya fueron comentados. Para que una misión de este tipo

tenga un buen rendimiento es necesaria la armonía del grupo, o al menos el deseo de cooperación, aparcando inquinas personales, lo que no se dio en esta ocasión. Bajo el punto de vista de los franceses, Godin, responsable de la expedición, se convirtió en un tirano científico, a la vez que fue un dilapidador de dinero, continuamente enfrentado a Bouguer y La Condamine, los que por otra parte a lo largo de la expedición dejaron de hablarse y de trabajar juntos. Al final, Godin fue expulsado de la Academia de Francia, se quedó en Perú como profesor y posteriormente fue el director de la Escuela de Guardia Marinas de Cádiz gracias a la amistad y buen entendimiento con Jorge Juan, que había sido su compañero de grupo durante las mediciones.



Grabado publicado en el libro *Observaciones astronómicas y físicas hechas en el Reino del Perú*. (Museo Naval de Madrid).

Los expedicionarios también tuvieron problemas con las gentes de las poblaciones por donde pasaban. La Inquisición los acusó de ser judíos. Eran recibidos con recelo, ya que la gente se preguntaba qué hacían aquellos hombres midiendo cosas por las montañas después de haber recorrido medio mundo para llegar allí. Muchos suponían que buscaban minerales preciosos o que estaban investigando algún extraño secreto. Ulloa dejó constancia escrita de aquellos celos y extrañezas de los lugareños:

«Ahora es justo que se considere cuánta diversidad de juicios formarían en aquellos pueblos sus habitantes: por una parte, les admiraba nuestra resolución y, por otra, les sorprendía nuestra constancia; y finalmente todo era confusión aun en las personas más cultas; preguntábanles a los Indios, cuál era la vida que teníamos en aquellos sitios, y quedaban espantados del informe que les hacían: se veían que nadie quería ayudarnos, aun siendo de naturaleza robustos, sufridos y acostumbrados a las fatigas; experimentaban la tranquilidad de ánimo con la que sufríamos en aquellos lugares, y la resignación con la que después de haber concluido en uno la cuarentena de trabajos y de soledad, pasábamos a los otros; y en tanta admiración y novedad no sabían a qué atribuirlo. Unos tenían a locura nuestra resoluciones; otros nos discurrían Magos, y todos quedaban embebidos por una confusión interminable; porque en ninguno de los supuestos, que sus pensamientos les dictaban, hallaban que hubiese correspondencia entre su logro y la fatiga y penalidades de tal vida: asunto que aun todavía mantiene la duda en mucha parte de aquellas gentes, sin poder persuadirse sobre cuál fuese el cierto fin de nuestro viaje, como ignorantes de su importancia.»

Cuando en 1737 llegó a Quito el material y equipaje de los expedicionarios, el presidente de la Audiencia, José de Araujo, no quiso pagar la gran factura del transporte del material desde Guayaquil a lomos de una gran cantidad de mulas. Ulloa presentó al presidente sus quejas, primero de muy buenas maneras, que fue rebajando al ver que no se le atendía, y terminó pidiendo el abono de la factura por escrito, que también fue rechazada, por lo que entró a gritos en la alcoba del presidente y ante su esposa le afeó su actuación. Intervino la justicia, la situación se complicó con peleas de los españoles contra los que los iban a detener, con algún herido, refugio en sagrado y cárcel, hasta que de forma momentánea la situación se arregló gracias a la prudente actuación de Jorge Juan. El procedimiento legal siguió su camino, llegó al Consejo de Indias y a Felipe V; se acordó actuar contra los españoles al finalizar la expedición y finalmente se le dio carpetazo en 1742.

Posiblemente debido a alguna provocación, en Quito, los expedicionarios fueron corridos a pedradas. En Cueca, el cirujano de la expedición, Jean Senièrgues, fue asesinado por un asunto de faldas. El hecho ocurrió cuando en 1739 los científicos fueron invitados a las fiestas populares de la ciudad. El

cirujano entabló relaciones «ilícitas» —según dijo otro miembro de la expedición— e hizo ciertas ostentaciones ante la gente de la ciudad, que se enfadó, y unas 300 personas persiguieron a los expedicionarios, mataron al cirujano y si no dieron muerte a más fue porque se refugiaron en un colegio de los jesuitas.

Otro miembro de la expedición llamado Pierre Dodin se fugó con una muchacha de solo 13 años. El botánico se volvió loco. Y otros murieron por caídas o por fiebres.

Afortunadamente, durante la expedición los dos españoles se entendieron bien y complementaron sus actividades, ya que además de atender a las diferentes mediciones, cada uno en su grupo, prestaron atención a otras materias en cumplimiento de las instrucciones y posteriores órdenes recibidas. En concreto, Jorge Juan prestó especial atención a los procesos matemáticos e hidrográficos, mientras Ulloa se preocupó sobre todo de los aspectos históricos, geográficos y naturalistas.

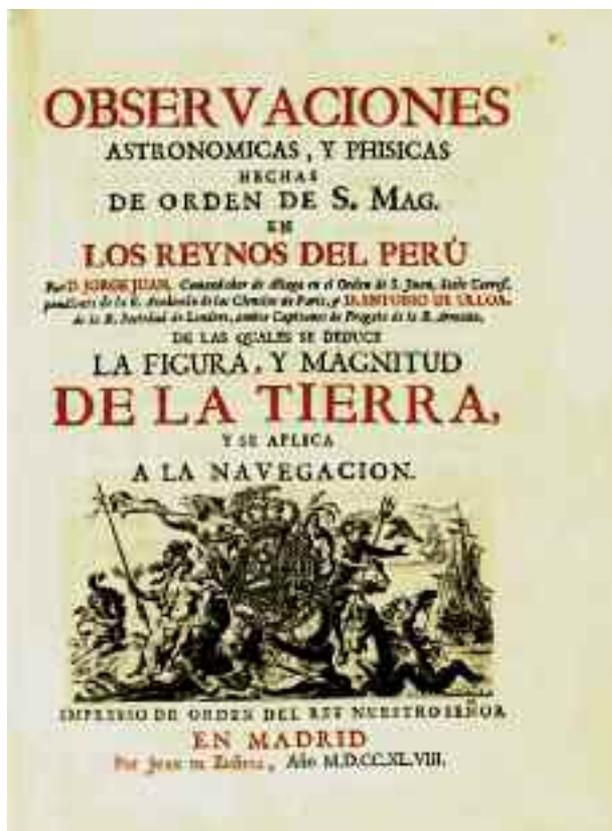
Tras la expedición

En un principio, en España apenas se dio importancia a la expedición y a la participación en ella de los dos oficiales de la Armada, que fueron recibidos con indiferencia en el ámbito oficial. Felipe V ya había muerto y el marqués de la Ensenada ocupaba el puesto de Patiño, y a nadie interesaba aquella larga aventura por tierras de Sudamérica. Aunque más adelante la labor de los dos españoles fue muy alabada y comentada, y a su regreso al Viejo Continente la fama de sabios de ambos marinos se extendió como un reguero de pólvora por toda Europa.

Al enterarse Ensenada de la fama y prestigio internacional de los dos marinos, vio en ellos un magnífico instrumento para poner en práctica los planes de desarrollo de su política naval y armamentística en España. Y al poco tiempo de su regreso, ambos oficiales fueron ascendidos a capitanes de fragata, y contaron con el apoyo de Ensenada para poner en orden sus anotaciones, finalizar sus cálculos y plasmar sus impresiones, aventuras comentarios, cálculos y resultados en diferentes obras.

La verdad es que las responsabilidades de España en la empresa habían sido escasas, y a ella solo contribuyó con los dos oficiales y el permiso que dio para que la expedición se moviese sin problemas por Perú. Pero a la larga, en el entorno español tuvo una gran importancia el contar con dos oficiales trabajando codo con codo con famosos científicos franceses, que eran verdaderos ases de la ciencia del momento, en una empresa en la que después de todo se consiguieron unos resultados concretos.

Una de las derivadas de la participación de Jorge Juan en la expedición fue la creación del Observatorio Astronómico de la Armada anejo a la Compañía de Guardias Marinas de Cádiz, y la propuesta de crear otro observatorio en



Portada del libro *Observaciones astronómicas y físicas hechas en el Reino del Perú*. (Museo Naval de Madrid).

biografías y monografías dedicadas a su persona y a sus trabajos. El propio Jorge Juan ha dejado varios trabajos escritos de gran interés, entre ellos: *Compendio de navegación* (Cádiz, 1757), *Examen marítimo teórico-práctico* (Madrid, 1771) o *Estado de la astronomía en Europa* (Madrid, 1773). Además de otros trabajos desarrollados con Ulloa, como: *Observaciones astronómicas y físicas hechas en los Reinos del Perú* (Madrid, 1748), *Relación histórica del viaje hecho de orden de su Majestad a la América Meridional* (Madrid, 1748), *Disertación Histórica y Geográfica sobre el Meridiano de Demarcación entre los dominios de España y Portugal* (Madrid, 1749) o *Noticias Secretas de América, sobre el estado naval, militar y político del Perú y provincia de Quito*. Esta última obra, que no se llegó a publicar en España por su confidencialidad, fue publicada por David Barry en Londres en 1826 sin ajustarse en

Madrid. A ello se sumaron otras actividades relacionadas con la construcción naval, la enseñanza y muchas otras que por su extensión y diferente contexto no tienen cabida en el presente trabajo. Por todas ellas, Jorge Juan recibió en vida el reconocimiento de diferentes entidades de gran relevancia, ya que fue miembro de la Real Sociedad de Londres, de las Academias de Ciencias de Berlín, Estocolmo y París, director del Seminario de Nobles de París y consiliario de la Real Academia de San Fernando. La vida, experiencias, conocimientos y enseñanzas de tan insigne y polifacético marino, activo viajero, científico, geógrafo, astrónomo, ingeniero y diplomático, han quedado recogidas en muchas

algunos casos al texto original, y en ocasiones fue utilizada como medio de propaganda contra España durante las campañas de independencia americana.

Consecuencias para España

La participación de Jorge Juan, junto con Ulloa, en la expedición de la medición del arco de meridiano supuso la incorporación de España

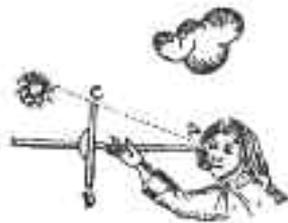
a los devenires de la ciencia moderna, y representó un gran estímulo para muchos españoles con inquietudes científicas y ganas de trabajar, en un ambiente en el que el desarrollo de las investigaciones y los estudios científicos empezaban a despertar tras un dilatado período de aletargamiento.

Los trabajos desarrollados por ambos marinos, al margen de la expedición científica, también tuvieron una relevante importancia y fueron una gran fuente de información sobre las tierras visitadas, en todos los aspectos: geográficos, sociales, políticos, históricos, naturalistas, botánicos, defensivos, agrícolas y muchos otros.

La contribución de Jorge Juan a la expedición científica y a las demás actividades desarrolladas a lo largo de su vida fue ejemplar y de gran importancia en campos como la astronomía, hidrografía, cartografía, construcción naval, formación científica y enseñanza. Con él la física moderna, la astronomía y el cálculo infinitesimal comenzaban su andadura por los nacientes ámbitos científicos españoles.



Jorge Juan y la Astronomía en un sello de correos emitido por España en 2004. (Colección de Marcelino González).



BIBLIOGRAFÍA

- ALBEROLA BELDA, Elia: *Reseña biográfica de Jorge Juan y Santacilia*. Fundación Jorge Juan. Novelda, 2009.
- BLANCO NÚÑEZ, José M.^a: *La Armada española en la primera mitad del siglo XVIII*. Izar. 2001.
- CERVERA PERY, José: *El Panteón de Marineros Ilustres*. Ministerio de Defensa, Armada. Madrid, 2004.
- GONZÁLEZ DE POSADA, Francisco: *Jorge Juan, Cádiz; Antonio de Ulloa, San Fernando*. Fundación Jorge Juan. Novelda, 2005.
- «La expedición geodésica al Virreinato del Perú: Jorge Juan y Antonio de Ulloa. Mediciones y cálculo de un arco de meridiano asociado a un grado en el Ecuador». Texto de conferencia en el año 2005 en el Ateneo de Cádiz (24 de enero) y la Cátedra Jorge Juan de Ferrol (3 de noviembre).
- GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, Marcelino: «El marino Jorge Juan de Santacilia». Revista *Atenea*. Número 41. Noviembre, 2012, pp. 78-81.
- «Jorge Juan, un genio olvidado». *Historia de Iberia Vieja*. Número 70. Abril, 2011, pp. 62-67.
- GONZÁLEZ-ALLER, José Ignacio: *Catálogo-Guía del Museo Naval de Madrid* (Tomo I). Ministerio de Defensa, Armada española. 2006.
- PAULA PAVÍA, Francisco de: *Galería Biográfica de los Generales de Marina* (Tomo II). Imprenta a cargo de J. López. Madrid, 1873.
- RUIZ HIDALGO, Juan Francisco; QUESADA RAMOS, Antonio: «Evolución histórica de ciertas medidas astronómicas». *Actas de las XV jornadas de investigación en el aula de matemáticas*. Granada, 2009.
- VV. AA.: «Jornadas sobre Jorge Juan y la ciencia española». (Sesiones celebradas los días 30 de noviembre y 1 de diciembre de 2009). Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Madrid, 2010.
- *La forma de la Tierra. Medición del Meridiano, 1736-1744*. Museo Naval. Comisión Quinto Centenario. Madrid, 1987.