



# Aventuras y desventuras de la expedición que midió un arco de meridiano en el ecuador (1735-1744)

ANTONIO CRESPO SANZ

## RESUMEN

A mediados del siglo XVIII una expedición hispano-francesa viajó al ecuador dispuesta a demostrar que la tierra tenía una forma elipsoidal achatada por los polos. Las enormes complicaciones técnicas y económicas acontecidas alargaron las mediciones durante diez años, tras los cuales demostraron que vivimos sobre un planeta aplastado como una sandía y ayudaron a la consolidación de la geodesia. El equipo estaba formado por matemáticos de la Academia de Ciencias de París y dos guardiamarinas españoles que debían ayudar en los trabajos geodésicos y astronómicos, vigilar sus movimientos y evitar cualquier acto de espionaje o contrabando. Aquellos jóvenes marinos se incorporaron a las mediciones y aprendieron muchos conceptos y prácticas científicas que se desconocían en nuestro país. Se hicieron expertos en los métodos geodésicos, manejaron y construyeron los instrumentos adecuados, fueron instruidos en los sofisticados cálculos y regresaron a España convertidos en hombres de ciencia que participaron en las tareas reformadoras del marqués de la Ensenada. Leyendo los libros de aquellos viajeros y los detallados análisis de sus trabajos, comprobamos el alcance de su aventura y que además de la ciencia, desarrollaron la supervivencia.

## ABSTRACT

*In the middle of the eighteenth century a Spanish-French expedition traveled to Ecuador to evidence that the earth it is an oblate ellipsoid. They suffered enormous technical and economic complications that lengthened the measurements for ten years. During this time they showed that we live on a planet crushed like a watermelon and helped to the consolidation of the geodesy. The team was composed by mathematicians belonging to the Academy of Sciences of Paris and two Spanish midshipmen, that should help in geodetic and astronomical work, an monitoring their movements avoiding any act of espionage or smuggling. Those young sailors joined to the measurements and learned many concepts and scientific practices that were unknown in our country. They became experts in geodetic methods, managed and built the appropriate instruments, trained in sophisticated calculations and returned to Spain converted in scientists who participated in the reforming task of the Marquis of Ensenada. Reading the books of the travelers and the detailed analyzes of their work, we will check the scope of this adventure and that besides science, they developed their own survival.*

Cuando estudiábamos Topografía, el profesor Vázquez Maure nos contó que a mediados del siglo XVIII una expedición hispano-francesa había viajado al Ecuador para medir un arco de meridiano. Mi amigo Antonio dice que no se acuerda, pero yo mantengo en la memoria su explicación, las anécdotas y la imagen de un científico corriendo desnudo hacia la selva persiguiendo a una nativa. Esta última fabulación ha resultado ser incierta y bastante simplona comparada con las proezas de aquellos hombres. La hazaña fue narrada por cinco de sus protagonistas –cada uno ofrece una versión diferente y personal– cuyas mediciones y peripecias han sido analizadas por muchos investigadores con opiniones y conclusiones no siempre coincidentes. En la historia de la cartografía tenemos por costumbre quejarnos sobre la escasez de las fuentes, aunque en este caso la sobredosis de información genera confusión; algo similar a cuando unos amigos nos cuentan sus vacaciones y no paran de llevarse la contraria sobre los detalles. Siempre me fascinaron las aventuras y desventuras vividas por los integrantes de aquella empresa y este será el motivo principal del relato; el resumen puntual de las observaciones y

la valoración de los cálculos tendrán que esperar a otra ocasión.

Todo comenzó con una apasionada discusión sobre la forma de la tierra. Esta polémica estaba rodeada de múltiples intereses y se convirtió en un combate con demasiados elementos en juego: prestigios personales y nacionales, conflictos generacionales, modelos científicos, filosóficos, institucionales y religiosos. Lejos de aburrir con sesudas martingalas, el debate se resume fácilmente. Por un lado se hallaban los partidarios de Newton, quienes afirmaban que debido a la fuerza de la gravedad la tierra no era una esfera perfecta, sino que estaba achatada por los polos. En el bando contrario, los forofos de Descartes estaban convencidos de que la tierra era un poco más estrecha en el ecuador y los trabajos del cartógrafo Cassini parecían confirmarlo. La solución pasaba por medir un arco de meridiano en los lugares clave. La Academia de las Ciencias de París, considerada como la principal institución científica europea, decidió en 1735 patrocinar un viaje al Ecuador eligiendo a tres reputados miembros para realizar las comprobaciones. El jefe sería Louis Godin (1704-1760), meticuloso astrónomo e impulsor inicial de la idea, ayudado por Charles Marie de La Condamine

(1701-1774) un hombre hiperactivo con conocimientos polivalentes y por Pierre Bouguer (1698-1758) un precoz y sesudo científico que enseñaba hidrografía. Los tres, ricos y famosos, estaban en la treintena, eran verdaderos patanegras de la ciencia, matemáticos curtidos en las discusiones parisinas, con currículos apabullantes y egos más grandes que sus cerebros. El único inconveniente era su falta de experiencia en mediciones geodésicas, pero nadie lo tuvo en cuenta; para remediarlo llevaban una detallada explicación de las operaciones a realizar redactada por Cassini. Les acompañarían otros hombres de ciencia, ayudantes y criados hasta completar un grupo de 23 personas, entre los que destacaban el médico y botánico Joseph de Jussieu (1704-1779) y el cirujano Jean Seniergues (1704-1739) como responsables de los temas de sanidad e historia natural, el relojero Théodore Hugot (?-1781) a cargo de los instrumentos, el ingeniero Joseph Verguin (1701-1777) y el dibujante Jean Louis de Morainville (1707-c. 1774) quienes colaborarían en los levantamientos y cálculos. También se incorporaron Jacques Couplet (c. 1718-1738) hijo de un académico y Jean Godin de Odonais (1713-1792) primo del jefe de la expedición, como inexpertos ayudantes multitarea. Las crónicas ignoran a los criados; solo sabemos que varios murieron durante los trabajos, dos de ellos de forma violenta.

Las mediciones ecuatoriales podían haberse realizado en diferentes lugares del mundo, aunque por cuestiones prácticas y políticas se eligió el territorio correspondiente a la Real Audiencia de Quito, hoy Ecuador. El rey francés Luis XV solicitó permiso a España para que los científicos efectuasen las comprobaciones en sus dominios. A pesar de las cordiales relaciones que vivían los dos países, cuyos monarcas –ambos borbones– estaban unidos por vínculos familiares, el gobierno español sospechaba que era una excusa para espiar los territorios de



Figura 1. Imagen de la obra de La Condamine *Journal du Voyage fait par ordre du roi à l'équateur* en el que se combinan los instrumentos de medición entre el exótico paisaje americano. Fuente: Biblioteca Nacional de Francia (BNF)

ultramar y meditará la respuesta. Algunos ministros estimaron la importancia que tales averiguaciones tendrían para los viajes comerciales y presionaron para que la contestación fuese positiva. Felipe V autorizó aquella expedición, especificó su aportación económica y decidió vigilar de cerca a los franceses enviando «uno o dos sujetos inteligentes en la matemática y la astronomía». Se eligió a dos cadetes de 21 y 18 años de edad, Jorge Juan (1713-1773) y Antonio de Ulloa (1716-1795) que estudiaban en la Escuela de Guardiamarinas de Cádiz, un centro elitista donde los cachorros de la aristocracia se preparaban para dirigir los barcos de la armada. Eran los más listos de la clase (el mote de Juan era Euclides), habían estado embarcados –incluso participaron en batallas navales– y sabían hacer lecturas astronómicas elementales. Existían dos inconvenientes: tenían quince años menos que los académicos franceses y unos conocimientos matemáticos notablemente inferiores. Para equilibrar la balanza les subieron el sueldo y cuatro grados en el escalafón militar, convirtiéndolos de la noche a la mañana en tenientes de navío. Recibieron unas instrucciones escritas y otras secretas por las cuales debían marcar férreamente a los «astrónomos franceses y asistir con ellos a todas las observaciones y mapas que se hicieren». De paso, redactarían un diario de sus navegaciones, determinarían las coordenadas de los puertos visitados, cartografiarían las ciudades, inspeccionarían las defensas de los territorios americanos, informarían sobre el gobierno de las autoridades coloniales, aportarían informes sobre minería, botánica, astilleros, etc. y propondrían las reformas necesarias para consolidar el dominio de España. No solo cumplieron su cometido de vigilantes; absorbieron como esponjas el saber de los académicos y participaron en las mediciones, convirtiéndose en dos científicos ilustrados, fieles funcionarios de la corona hasta su muerte.

## 2. *El viaje de ida hasta Quito*

El grupo español, formado por siete personas, partió de Cádiz en mayo de 1735 y tras un mes de navegación alcanzaron el puerto de Cartagena de Indias (Colombia). Mientras esperaban al equipo francés trazaron un mapa de la ciudad y realizaron observaciones astronómicas empleando los arcaicos instrumentos disponibles, pendientes de recibir otros más modernos que se estaban construyendo en París y que llegarán con un par de años de retraso. Los galos se presentaron cinco meses después, tras hacer algunas escalas para ejecutar mediciones astronómicas, operaciones de contrabando y comprobar el efecto de las fiebres tropicales: Jussieu y Godin des Odonais las sufrieron levemente, La Condamine estuvo grave y dos criados, más un soldado de la escolta perecieron. Disgustados por la falta de sirvientes, se compraron varios esclavos negros que formaron parte de la expedición hasta el final, provocando un serio problema contable al ser vendidos. Todos juntos embarcaron hacia Portobelo, desde donde cruzaron a pie la selva panameña para alcanzar el Océano Pacífico. En esta primera toma de contacto con el territorio descubrieron lo inexpugnable de la flora y un amplio muestrario de animales exóticos (tigres, pumas, coatíes, tucanes, papagayos, monos, serpientes y cocodrilos), siendo especialmente salvajes los mosquitos y los alacranes (de todos los colores) cuyas picaduras en los pies impedían caminar durante tres días. También se dieron cuenta de lo excesivo del equipaje. Necesitaron más de 30 mulas para llevar todos los bártulos traídos desde Francia: ropa, tiendas de campaña, colchones, vajilla, útiles de cocina, armas, nueve barriles de aguardiente y un sinnúmero de complementos. A esto había que sumar todos los aparatos imaginables metidos en sus correspondientes cajas: desde péndulos hasta barómetros, pasando por instrumentos astronómicos, geodésicos y topográficos.

Al llegar a la costa del Pacífico contrataron barcos para llegar a Guayaquil (Ecuador) aunque el precio y la escasez de las embarcaciones les retrasaron tres meses, que fueron aprovechados para realizar mediciones conjuntas. Desde el primer día surgieron diferencias sobre los lugares más adecuados y los métodos a emplear, lo cual dividió a los franceses y provocó un ambiente de rencor y rivalidad que empeoraría con el tiempo. Para empezar, cada académico se dirigió a Quito por un camino distinto y los españoles optaron por ir con Godin, el jefe de la expedición. Las crónicas de los tres viajes por tierra son un catálogo completo de quejas y dificultades: la comida repleta de picante, la falta de vino, las lluvias torrenciales, las selvas inexpugnables y sobre todo el acoso incesante de los mosquitos que les dificultaban las observaciones astronómicas cegando sus ojos, tapando sus fosas nasales y picando donde encontraban hueco. La habitual presencia de estos insectos daba nombre a muchos parajes y quedará reflejado en los mapas. Los relatos narran cómo buscaban la luz del sol con hachas, caminaban con la brújula en la mano y necesitaban resguardarse todas las tardes de los violentos aguaceros. Juan y Ulloa cruzaron las planicies cercanas al volcán Chimborazo (6.263 m) donde el sufrimiento de los bichos fue sustituido por ascensiones interminables, caminos embarrados, vertiginosos puentes colgantes y frío, mucho frío en comparación con los calores de la costa tropical. En mayo de 1736, tras un año de viaje, llegaron a Quito, una ciudad comercial de 40.000 habitantes, situada a 2.800 m de altitud y calificada por los jóvenes marinos «como las de segundo orden de Europa». Allí convivían varias etnias (negros, mulatos, indígenas, españoles –llamados chapetones– y criollos) dentro de una rigurosa jerarquía social que provocaba enfrentamientos entre los gobernadores locales, la aristocracia criolla (españoles nacidos en América) y la iglesia. A su llegada encontraron la amistad de algunos ilustrados, nobles y comerciantes,



Figura 2. Medición de ángulos empleando el cuarto de círculo. Fuente: La Condamine, *Journal d'un voyage...* (1751), BNF

pero fueron recibidos con recelo por las autoridades, quienes los consideraban espías de la metrópoli; sospechaban que su objetivo era la búsqueda de metales preciosos, les advirtieron que pusiesen sus ojos en el cielo, lejos de la tierra y designaron alguaciles para vigilar sus movimientos.

Mientras el grupo viajaba hacia el ecuador, la Academia parisina decidió enviar otra expedición a Laponia para confirmar el achatamiento polar. Tras ocho meses de preparación, en abril de 1736 salió en dirección a Suecia un equipo formado por acreditados científicos franceses (Clairaut, Lemmonier, Camus y Outhier) dirigidos por Maupertuis y acompañados por Celsius como representante local. Las mediciones comenzaron justo cuando el equipo franco-español estaba llegando a Quito y terminarán al cabo de un año. Maupertuis fue dosificando los comunicados para mantener el interés del público y al regresar a París publicó los resultados confirmando el achatamiento polar. Su informe eclipsó el objetivo de la expedición americana, que perdió el protagonismo antes de empezar.

### 3. Los trabajos previos

La primera tarea, previa a las mediciones geodésicas, fue organizar los asuntos económicos, que se convirtieron en una constante pesadilla; al llegar a Quito ya habían gastado los fondos iniciales otorgados por el rey de Francia y

fue necesario conseguir préstamos para continuar la misión. La falta de dinero provocó –como en casi todas las facetas de la vida– muchos problemas y los científicos franceses terminaron por empeñar su fortuna personal o buscaron soluciones alternativas (legales e ilegales) cuando el gobierno francés no les mandaba dinero y el español no les fiaba<sup>(1)</sup>. Algunos contrajeron importantes deudas con el tesoro español o con los comerciantes locales y fueron retenidos en América, donde trabajarán para las autoridades hasta completar la devolución de los préstamos. La falta de planificación demostrada en las cuestiones monetarias se extendió a otros ámbitos, dando lugar a tremendos enfrentamientos

<sup>(1)</sup>La Condamine y otros componentes de la expedición fueron acusados –y finalmente absueltos– de contrabando por vender productos adquiridos a comerciantes franceses y criollos tales como joyas, telas y complementos.



Figura 3. Detalle del plano de Quito realizado por Jorge Juan y Antonio de Ulloa, publicado en la *Relación Histórica del viaje a la América Meridional* (1748). Fuente Biblioteca Nacional de España (BNE)

entre los miembros del equipo. Godin fue un desastre como organizador: consideró que las comprobaciones solo durarían dos años, fue incapaz de conseguir la financiación necesaria, no supo resolver las disputas y se le recriminaron muchas cosas, entre ellas el haber gastado parte del dinero comunal en agasajar escandalosamente a una señorita experta en asuntos sexuales. Ante tanta incompetencia, La Condamine –hijo de un recaudador de impuestos– se encargó de las negociaciones económicas, utilizó sus fondos personales como aval y terminó prestando dinero a sus compañeros. Juan y Ulloa cobraron con una regularidad intermitente, empañada por largos retrasos, discusiones y un pleito judicial contra las autoridades locales, que fue reseñado lacónicamente en sus crónicas como «algunas diferencias». El ambiente era áspero: los franceses estaban peleados entre sí y desconfiaban de los españoles; las autoridades americanas sospechaban de todos y ralentizaban cualquier gestión; los gobiernos de España y Francia cerraban los ojos –dicen que la distancia es el olvido...– y no resolvían las necesidades de los expedicionarios, quienes sobrevivieron como pudieron durante diez años hasta dar por finalizadas las mediciones.

Los trabajos consistían en determinar la longitud de un arco de meridiano que superaba los 3° (cerca de 400 km) entre Quito y Cuenca empleando el método de triangulación, que luego se comprobaría estableciendo la diferencia de latitud entre

las ciudades mediante observaciones astronómicas. Las dos tareas eran laboriosas, la primera por su dureza y la segunda por su lentitud, pues exigía cielos limpios y cientos de visuales. En ambos casos los científicos descubrieron problemas en los métodos y en los instrumentos, siendo necesario aplicar correcciones para mejorar las limitaciones técnicas. Además de las operaciones geodésicas y celestes, midieron altitudes con el barómetro, analizaron la trayectoria de la eclíptica, la influencia de la gravedad, el movimiento de la tierra, la velocidad de la luz, del sonido, las oscilaciones del péndulo y redactaron descripciones botánicas, geológicas, geográficas, médicas y antropológicas. Durante largos meses prepararon la logística: probaron los instrumentos y los hallaron maltrechos, rotos y averiados después de varios meses a lomos de mulas; los repararon, calibraron y ajustaron; organizaron los futuros viajes; estudiaron el territorio, eligieron los vértices y probaron la metodología. La cadena de triángulos discurriría en dirección norte sur, sobre dos cadenas montañosas paralelas con cumbres de hasta 6.000 m que facilitarían la visibilidad entre los puntos. No obstante, la climatología y el terreno se encargaron de elevar el listón de las dificultades. Mientras diseñaban la estrategia, decidieron medir la primera base de la triangulación en unos llanos cercanos a Quito. Fue el ensayo general –brevemente interrumpido por el fallecimiento de Couplet en septiembre 1736<sup>(2)</sup> – donde afloraron todos los problemas que serán habituales hasta el final: falta de organización, financiación escasa e irregular, roces con las autoridades coloniales, enfermedades poco conocidas (la culebrilla, el pasmo, el vómito negro), climatología hostil, descomunales montañas y sobre todo, continuos

enfrentamientos entre los académicos por motivos profesionales y personales. Para medir la base se dividieron en dos grupos, uno bien avenida formado por Godin y Juan (ayudados por Hugot y Godin des Odonais), contra otro en el que Ulloa hubo de sufrir el desprecio y las peleas entre de Bouguer y La Condamine, auxiliados por Verguin y un criado que sustituyó al finado Couplet. Esta distribución permanecerá fija hasta el final de los trabajos, facilitando la labor de vigilancia sobre los franceses. Para medir la base emplearon unas perchas de madera construidas por ellos mismos y calibradas con el patrón de una toessa (1,946 m) que habían traído de París. Los dos equipos obtuvieron longitudes muy similares, verificándose así la validez de las operaciones. Los botánicos y el dibujante Morainville apenas participaron en las mediciones y se dedicaron a compilar un herbario. Seniergues ejerció como médico y cirujano, obteniendo unos suculentos ingresos extraordinarios, mientras que Jussieu –quien desarrolló una importante tarea humanitaria– le sacó poco rendimiento a sus labores sanitarias.

#### 4. La triangulación y las observaciones astronómicas

Ninguno de los presentes era experto en trabajos geodésicos, aunque se familiarizaron rápidamente con la práctica. Se estudió el terreno y se hizo un proyecto,

eligiendo los posibles vértices y dibujando el esquema de la red sobre un mapa. Verguin fue uno de los principales artífices de la planificación, que resultó poco adecuada porque algunos puntos no eran visibles entre sí, obligándoles a buscar otros cerros y hacer nuevas observaciones. Casi toda la triangulación se hizo entre 1738 y 1740, midiéndose dos bases principales, varias auxiliares y cientos de ángulos, para los que emplearon un cuarto de círculo con antejo y micrómetro que lograban precisiones medias de 20". Las diferencias entre los grupos eran constantes y no se pusieron de acuerdo ni en los vértices a emplear, por lo que en algunos tramos diseñaron triángulos diferentes. Corrigieron sus observaciones de los errores instrumentales, de las variables atmosféricas, de las dilataciones de los materiales, de la influencia de la altitud y de otras distorsiones que no se habían contemplado hasta entonces, logrando importantes avances en el desarrollo de la geodesia. Para las punterías construyeron torres de madera pintadas de blanco, pero los percances sufridos (eran robadas por los indios o rotas por el viento y las tormentas) les obligaron a usar las tiendas de campaña como vértices de los triángulos, mientras ellos dormían en pequeñas carpas contiguas o en chozas de pastores.

Aquellos elegantes caballeros, al llegar a las montañas abandonaron sus pelucas y casacas para vestirse con ponchos como los nativos, sin olvidar jamás sus exquisitos modales y manteniendo el trato de usted. Anotaron en sus libros los valores medidos y junto a ellos reseñaron las dificultades sufridas al colocar las señales



Figura 4. Vista de la llanura de Yaruquí, al pie de las cumbres andinas, donde se midió la primera base de la triangulación. Fuente: La Condamine, *Journal d'un voyage...* (1751), BNF

<sup>(2)</sup>Falleció de un «quebranto en la salud» (probablemente malaria) asistido por Godin y Juan, mientras sus compañeros franceses, deseosos de ganar tiempo, comenzaban las exploraciones de la base en Yaruquí. Su muerte no mereció ni una línea en los relatos de Bouguer o La Condamine y se desconoce el lugar del enterramiento.



Figura 5. Los científicos que acudieron a medir el meridiano fueron bautizados como los caballeros del punto fijo, porque según los locales, buscaban el lugar exacto donde se hallaba el ecuador. En esta lámina se observan diferentes empleos del cuarto de círculo. Fuente: *Observaciones astronómicas y físicas* (1748), BNE

y observar los ángulos: desfallecimientos en las larguísimas ascensiones, el mal de altura o soroche, accidentes, falta de alimentos, plagas de mosquitos, pulgas, garrapatas, cucarachas y chinches, vientos huracanados que tiraban los instrumentos y las señales, espectaculares tormentas de lluvia, nieve y granizo, el peligro de los rayos, nieblas interminables, erupciones volcánicas, movimientos sísmicos, mucho frío en las cumbres –donde podían permanecer semanas a la espera de cielos claros<sup>(3)</sup>– y como consecuencia de todo esto, penosas enfermedades. Tantos eran los inconvenientes que los ayudantes y guías locales desertaban, dejándolos solos en mitad de la faena. Los únicos que aguantaron al pie del cañón fueron los esclavos negros, que coronaron todas y cada una de las cumbres. En tales condiciones los aparatos debían ser ajustados y reparados continuamente, cada cierto tiempo necesitaban bajar a Quito o Cuenca para abastecerse y recuperarse de las enfermedades, del agotamiento que produce la falta de oxígeno en las alturas o de las lesiones producidas al caer entre las rocas (Ulloa y Godin sufrieron largas convalecencias). Los nativos fueron indiferentes al asunto de las mediciones,

<sup>(3)</sup>Bouguer explica en su libro que un mes y medio de nieblas se vio recompensado con 15 minutos de buen tiempo.

aunque los consideraban medio brujos; una familia, al verlos con tantos instrumentos, les rogó que aplicasen su magia para localizar el burro que habían perdido.

A veces los trabajos se interrumpían por falta de fondos, y entonces el habilidoso La Condamine marchaba a Quito o Lima a negociar. Aquellos descansos no estaban exentos de sobresaltos, como el asesinato –en mayo de 1738– del criado negro de Bouguer a manos de un mestizo, sorprendentemente absuelto tras considerarse que había sufrido

un arrebato de locura transitoria. Uno de los más singulares parones laborales fue motivado por un rifirrafe que enfrentó a Juan y Ulloa contra el presidente de la Audiencia de Quito y su tesorero, a cuenta de ciertos retrasos en la nómina y el pago del transporte de unos baúles con instrumentos que llegaron en enero de 1737. Desembocó en una trifulca monumental, con peleas, pistolas, espadas, persecuciones, fugas a medianoche, la mediación del virrey y un pleito por desacato que tras varios años fue sobreseído. El periodo de mayor inactividad –al menos para los españoles– ocurrió después de la triangulación, cuando se iniciaban las operaciones astronómicas. Inglaterra y España estaban en guerra desde 1739 y los marinos hispanos fueron reclamados por el virrey en tres ocasiones –entre 1740 y 1744– para colaborar en la defensa de los desgarnecidos puertos americanos y comandar algunas naves de la raquítica flota que defendía el Pacífico<sup>(4)</sup>.

<sup>(4)</sup>Se la llamó la Guerra de la oreja de Jenkins. Una fragata española apresó al pirata en las costas de Florida. Tras atarle al mástil, el capitán le segó la oreja mientras gritaba que haría lo mismo con su rey. Jenkins se chivó al



Detalle de la Carta De la Meridiana medida en el Reyno de Quito (1748) donde se dibujó aquella triangulación cuyos vértices se asentaban sobre las cumbres de los Andes. Los triángulos principales van con línea continua (30 en total), los auxiliares con trazo discontinuo, los caminos mediante puntos y los núcleos urbanos se diferencian mediante signos convencionales distinguiéndose entre «pueblo», «anexo» y «hacienda». Hemos marcado en rojo la base de Yaruquí y la posición de Quito. El relieve se representó mediante normales, hay signos convencionales para la vegetación y se muestra una red fluvial muy esquemática cruzada por algunos caminos y puentes. Fuente: *Relación Histórica...* BNE.

La respuesta a la primera llamada se retrasó levemente debido a los quehaceres astronómicos y a la necesidad de cobrar su nómina. Luego recorrieron el trayecto entre Quito y Lima (hoy separadas por 1.800 km de serpenteantes carreteras) en dos meses escasos, efectuando por el camino algunas observaciones astronómicas. Fue toda una aventura, cruzando ríos imposibles, precipicios, selvas, desiertos y lugares sin agua potable, acompañados siempre por los fieles mosquitos y superando graves percances, como el que obligó a Ulloa a viajar malherido durante semanas tras caerse de una mula por un barranco. Al llegar a Lima el enfermo se recuperó rápidamente. Prueba de ello es la detallada reseña de ropa y lencería que vestían las señoritas de esta ciudad, comparándola con las prendas empleadas en otras localidades americanas. Jorge Juan era más parco en cuestión de mujeres, acaso por pertenecer desde los 13 años a la Orden Militar de san Juan de Malta, que imponía un estricto voto de castidad. Además de estos asuntos cortesanos, organizaron la defensa de los principales puertos, cartografiaron ciudades y dirigieron la construcción de un navío. Después de casi un año, en septiembre de 1741 regresaron a Quito para continuar con sus trabajos, pero los académicos, que seguían a la greña, habían avanzado poco: intentaban resolver los serios problemas mecánicos que afectaban a los aparatos astronómicos y La Condamine estaba ocupadísimo en la construcción de unas pirámides destinadas a recordar el logro científico que protagonizaban. El texto de la placa conmemorativa era –a juicio de los españoles– irrespetuoso con el monarca y con ellos mismos, pues figuraban como simples ayudantes. Cursaron una denuncia que paralizó las mediciones temporalmente y terminó, después de muchos años, tiras y aflojas,

monarca inglés enseñándole el apéndice mutilado que guardada en un frasco. Se dice que esta fue la excusa que animó a Inglaterra a declarar la guerra a España.

con la destrucción de los monolitos. En el fragor de esta batalla judicial, el virrey volvió a exigir la presencia de los marinos, que ahora tuvieron una participación más activa en el conflicto. En este periodo (1742-1744) hicieron mapas y cartas, defendieron puertos y gobernaron dos naves mercantes, de nombres Belén y Rosa, transformadas en buques de combate para perseguir a la amenazadora flota inglesa, aunque por fortuna nunca se enfrentaron con sus enemigos. Terminado el peligro se les autorizó para regresar a sus quehaceres geodésicos; navegaron impacientes hasta Guayaquil y alcanzaron Quito cuando varios colegas de la expedición habían comenzado el retorno a Europa. Allí permanecía el meticuloso Godin, hipotecado hasta las cejas, quien decidió ampliar la triangulación y terminar de medir la latitud de Cuenca<sup>(5)</sup>. Los tres trabajaron juntos desde enero hasta mayo de 1744, fecha de finalización de todas las mediciones. Entonces cada uno de los integrantes de la expedición buscó por su cuenta la forma de regresar: unos partieron inmediatamente y otros permanecieron en el virreinato esclavos de sus deudas o de sus corazones.

<sup>(5)</sup>Debido a los errores en los instrumentos traídos de Francia, fue necesario construir otros nuevos y realizar numerosos ajustes. Esto retrasó los trabajos y tardaron casi cuatro años en medir la latitud de dos puntos.

## 5. El viaje de regreso de Bouguer y La Condamine con la polémica en París

Acabada su tarea, Bouguer y La Condamine retornaron cada uno por su lado, dejando a sus compañeros abandonados. Bouguer fue el más rápido; navegó hasta Panamá, cruzó la selva y después de una travesía a bordo de un barco que traficaba con esclavos, alcanzó París en agosto de 1744 sin grandes incidentes. Nada más llegar, leyó en la Academia un resumen de sus mediciones atribuyéndose todos los méritos, pero era demasiado tarde para deslumbrar al mundo con unos resultados que ya habían sido confirmados ocho años atrás, en la expedición a Laponia. La Condamine optó por una ruta más arriesgada propuesta anteriormente por Godin; se adentró en territorio portugués, descendió el Amazonas (allí conoció el caucho y con él fabricó una bolsa para guardar su cuadrante), llegó a Cayena y viajó en un mercante que transportaba café hasta Ámsterdam. Desde allí se trasladó a Francia, donde llegó a principios de 1745 tras nueve años y medio de ausencia. En París descubrió la jugarreta de su colega y ambos se enzarzaron en una inútil maraña de acusaciones que no despertó la atención del respetable. Visto el

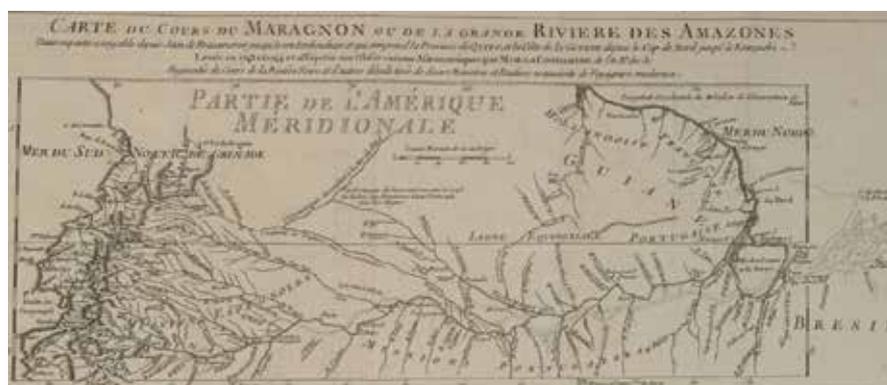


Figura 6. Mapa realizado por La Condamine que comprende la cuenca del Amazonas desde el Atlántico al Pacífico, incluido en su libro *Extracto del diario de observaciones hechas en el viaje de la provincia de Quito que amplía el resumen del periplo ecuatorial leído en la Academia de París*. Fuente: BNE.

desinterés de sus colegas en las mediciones ecuatoriales, La Condamine modificó su estrategia y convirtió su discurso matemático en una aventura científica dirigida al gran público en la que combinaba las dificultades y peligros vividos con datos etnográficos, geológicos, geográficos y mapas. Triunfó con sus libros y sobre todo en las emocionantes conferencias aderezadas con aspavientos, ironías y chistes, eclipsando los aburridos discursos científicos de sus compañeros. Aprovechó para dar cera a diestro y siniestro afianzando nuestra leyenda negra: criticó a los gobernantes americanos, detalló el maltrato a los indígenas, se burló de la incultura, de la corrupción, de la pésima calidad de los alimentos y además trató de niños engreídos a sus dos compañeros españoles.

## 6. El retorno de Jorge Juan y Antonio de Ulloa

Jorge Juan y Antonio de Ulloa partieron desde Lima en una flotilla francesa que atravesaría el Cabo de Hornos viajando en buques diferentes. Las naves se separaron y las suertes fueron diversas. El primero cruzó el Atlántico sin excesivas dificultades; llegó a Brest en octubre de 1745 y se dio un garbeo por París para comunicar a la Academia sus resultados y ciertas particularidades de las observaciones astronómicas. Conseguido su objetivo y convertido en miembro de la flamante institución gala, dio por finalizada la excursión y se dirigió a Madrid, donde llegó en marzo de 1746. Ulloa tuvo un regreso accidentado: su navío fue capturado por una flota inglesa cerca de Terranova y decidió arrojar por la borda «todos los planos y noticias que pudiesen ser de perjuicio si los ponía en manos de los enemigos», aunque conservó las mediciones. Fue apresado y trasladado a Inglaterra, donde su cautiverio fue liviano: respetado como un gran científico, encontró

la amistad de los sabios británicos, muy interesados en las operaciones geodésicas. Su colaboración le convirtió en miembro de la Real Sociedad Británica, fue liberado y le devolvieron todos sus papeles, regresando a Madrid en julio de 1746 tras doce años de ausencia. Juan y Ulloa fueron recibidos en España con indiferencia. El panorama político había cambiado; Felipe V acababa de ser enterrado y su mentor (el ministro Patiño) había fallecido diez años atrás. Por suerte le había sustituido el Marqués de la Ensenada, quien terminó confiando en ellos y los empleó como artífices de sus grandes proyectos reformistas. Los ya no tan jóvenes marinos se reunieron, compartieron sus datos y redactaron a destajo los pormenores de la expedición en un mamotreto publicado conjuntamente en 1748. Juan se encargó de explicar las mediciones geodésicas y Ulloa de la descripción histórico-geográfica. Los libros fueron convenientemente dirigidos, reorganizados y censurados por un jesuita (el padre Burriel) por lo que no encontraremos ni una palabra de las peleas e incidentes comprometedores ocurridos durante la expedición. Ulloa tuvo problemillas con su texto pues Burriel redactó diecinueve folios enumerando los defectos narrativos y morales encontrados. Había críticas sobre el fondo, la forma y muchas sugerencias; sirva como ejemplo una amonestación por la ausencia en el texto de la impecable labor misionera de santa Rosa de Lima, o los reparos ante la obscena descripción de la cúpula de los lobos marinos, que fue eliminada sin contemplaciones. Casi todas las pegadas se resolvieron con las pertinentes correcciones y adiciones, pero otras fueron ignoradas para acelerar la publicación. Jorge Juan salió peor parado al sufrir el látigo de la inquisición en varios asuntos científicos que chocaban con la religión, sobre todo al explicar la herética teoría de Copérnico. La censura hizo que cualquier alusión al heliocentrismo fuese acompañada de la coletilla hipótesis falsa, aunque la traducción francesa indicó que tal comentario se había añadido sin el consentimiento del autor. Juan se sintió muy

ofendido con las manipulaciones del cura y le disgustaron tanto los parches propuestos para resolver los conflictos entre ciencia y fe, que le guardó un sincero rencor durante toda su vida.

El grueso volumen resultante, dividido en dos partes, será la primera obra que detallaba la expedición al Ecuador, porque Bouguer y La Condamine, enfrentados en un debate interminable, no habían encontrado tiempo para publicar sus trabajos. Juan y Ulloa fueron premiados con el ascenso a capitanes de fragata y se incorporarán a los proyectos reformistas. Habían pasado de militares cualificados a científicos reconocidos y seguirán una trayectoria ascendente en la que comenzaron practicando el espionaje industrial, continuaron dirigiendo obras de ingeniería y terminaron ocupando altos cargos en diferentes instituciones, desde las cuales intentaron mejorar la casposa y obsoleta formación científica que se impartía en nuestro país. Redactaron unas Instrucciones para formar un mapa nacional siguiendo el modelo francés y en 1751 un Método de levantar y dirigir el mapa de España, que fue olvidado tras la



Figura 7. Ilustración de la *Relación histórica del viaje a la América Meridional* (1748) con cuatro figuras que representan las artes empleadas en la expedición: la navegación, la astronomía, la geometría y la trigonometría

destitución de Ensenada. Jorge Juan, autor del último tratado, se vio infectado por la maldición cartográfica que siempre ha azotado a nuestro país y cayó en desgracia, pero fue rescatado para misiones técnicas, diplomáticas y de asesoramiento. Publicó varios tratados sobre navegación, mejoró la enseñanza en la escuela de Guardiamarinas, hizo numerosos viajes para supervisar obras de ingeniería o trabajos navales y cumplió todas las misiones encomendadas a pesar de una larga enfermedad que le iba paralizando y que terminó con él a los 60 años, tras un ataque epiléptico. Antonio de Ulloa colaboró igualmente en las tareas reformistas de Ensenada, dirigió una mina americana, fue gobernador en Luisiana y comandante de la flota de las Azores. Aunque en su trayectoria profesional alternó luces con sombras, terminó convertido en un héroe nacional. Contrajo matrimonio a los 51 años con una adinerada mocita limeña y falleció veintiocho años después, dejando un testamento repleto de cariñosos consejos para sus hijos a quienes recomendaba que se casasen jóvenes. Siguiendo los consejos paternos, tres de los varones fueron ejemplares militares y esposos -uno llegó a ser ministro de Marina durante el reinado de Isabel II- y su niña conquistó a un elegante marqués.

## 7. Después de la expedición

La historia solo cuenta las gestas de los triunfadores, olvidando a los segundones y a los subalternos, que en este caso habían quedado abandonados a su suerte. Algunos de los fallecidos en el transcurso de la expedición -Couplet en 1736 y varios ayudantes- quedaron en el olvido, pero otros son recordados por su dramático final. Es el caso del cirujano Seniergues, apaleado y apuñalado en las fiestas de Cuenca en el verano de 1739. Hay diferentes versiones, aunque todas coinciden en que sus provocaciones y los amoríos con

una moza de nombre Manolita y apodo «la Cusinga», desató las iras de familiares, rivales y pretendientes, quienes se tomaron la justicia por su cuenta. Después de dejar inconsciente al francés fueron a linchar al resto de la expedición, que tuvo que salir por pies. Cuando se calmó el motín recogieron al herido, cuya muerte sucedió cinco días después y dio lugar a un juicio en el que muchos de los condenados se fugaron a la mayor brevedad y sin consecuencias. No podía faltar una tierna historia de amor -aderezada con toneladas de fantasía- protagonizada por Godin de Odonais, quien se casó en 1741 con Isabel, una radiante damita de 14 años perteneciente a la nobleza criolla y se quedó a vivir en el Perú. En 1749 decidió regresar a Francia y se adelantó para facilitar el viaje de su mujer e hijos. Siguió la ruta del Amazonas y tras perder todo cuanto llevaba fue retenido en la Guayana, donde sólo al cabo de 15 años pudo enviar a su esposa un incierto mensaje para que se reuniese con él. Isabelita organizó una expedición compuesta por 42 individuos, entre hermanos, primos, amigos y criados, que se fue diezmando a base de muertes y fugas hasta que solo quedó ella. Unos nativos la encontraron vagando por la selva semidesnuda, famélica, agotada -aunque armada con un machete- y la

llevaron a una misión; allí encontró los contactos y los medios necesarios para alcanzar la desembocadura del río, donde halló a su marido perdido. En la primavera de 1773, cuando la dama comenzaba a recuperarse de los males contraídos en la jungla, la pareja navegó hasta Francia, se instalaron en la mansión familiar, vivieron felices y comieron perdices durante veinte años, aunque ella conservó importantes dolencias físicas y psíquicas como resultado de su periplo por el Amazonas. Esta es la novelesca versión difundida por La Condamine, pero hay lenguas de doble filo que enturbian tan melosa historia, insinuando que Godin se casó para aliviar su penosa situación económica, dilapidó la fortuna de su santa esposa en operaciones especulativas y marchó a la Guayana -como quien se va a por tabaco- para intentar recuperar la fortuna perdida.

De los que retornaron a la metrópoli el mejor parado fue Verguin, quien siguiendo la misma ruta que le había llevado a América, llegó sin incidentes reseñables a Francia en 1745. Allí descubrió que su mujer había fallecido y tras recuperar a sus hijos, volvió a casarse, ejerció como ingeniero civil y fue nombrado Académico. El botánico Jussieu permaneció 25 años más en el Perú practicando la medicina y recogiendo muestras de plantas. Algunos historiadores



Figura 8. Paisaje selvático de la provincia de Panamá incluido en la Relación Histórica del viaje a la América Meridional, donde se detallan los exóticos animales encontrados Fuente: BNE

consideran que sufría depresiones y crisis bipolares que le llevaron a vagabundear por Sudamérica. Intentó regresar a Francia varias veces, pero siempre encontraba un motivo humanitario que se lo impedía. En una de las ocasiones, cuando estaba a punto de regresar con Godin, descubrió la explotación de los trabajadores de las minas de plata de Potosí, que con los vapores del mercurio empleado en la extracción, padecían graves dolencias. Olvidó el retorno y se ocupó de los enfermos hasta alcanzar el mismo deterioro físico y psíquico que sus pacientes. Continuó ejerciendo la medicina –con especial dedicación a las epidemias– hasta que perdió gran la salud y el juicio. Sus amigos le obligaron a embarcar rumbo a París convenciéndole de que cuidarían su inmenso catálogo de plantas. Cuando llegó a casa era incapaz de reconocer a su familia y murió lentamente, sin enterarse de que gran parte de las muestras botánicas que había recopilado durante 35 años habían sido quemadas como cachivaches inservibles. Otros miembros del equipo se vieron retenidos por las deudas, por compromisos personales y no regresaron jamás. Es el caso de Morainville, quien trabajó como ingeniero en el virreinato americano y falleció aplastado por una viga en 1774, mientras construía una iglesia. Era un gran dibujante al que se le atribuye el primer boceto de la planta que produce la quinina, un plano de Quito (1741) y el diseño de algunos edificios. Compartió tareas profesionales con Hugot, colaborando en la explotación de una mina de plata que no resultó rentable y se dice que desapareció en la jungla alrededor de 1781. Estaba casado con una peruana y uno de sus nueve hijos participó en el movimiento independentista de Ecuador.

Los principales expedicionarios tuvieron una vida larga y gloriosa. La Condamine, que era un gran comunicador, alcanzó gran éxito con sus libros y conferencias sobre la travesía por el Amazonas, a la que comparaba con la bajada de Dante al infierno. No salió indemne del viaje, pues perdió dinero, quedó cojo y medio sordo,

pero conservó su vitalidad: desarrolló numerosas investigaciones (desde la antropología a la medicina) a cual más excéntrica, mantuvo una intensa vida social y al cumplir los 68 años se casó –bendecido por el Papa– con una sobrina cincuenta años menor. No sabemos si fue debido a causas naturales o por los esfuerzos maritales, poco después de contraer nupcias sufrió una apoplejía que le restó movilidad y tras una operación fallida (unos dicen que en la cabeza y otros sobre una hernia) se fue a la tumba. Al final de su vida había recuperado la amistad de los marinos españoles, a quienes obsequió con información, consejos y regalos: Ulloa recibió varios libros y Jorge Juan exóticos remedios (aceite de oso o crema de serpiente) para aliviar sus recurrentes «cólicos biliares convulsivos» y mitigar la parálisis que le atenazaba. Bouguer era el más veterano de la expedición y aunque era un afamado científico, había perdido cualquier protagonismo sobre el viaje ecuatorial. Publicó un libro con sus observaciones y cálculos titulado *La figure de la terre* (1749), pero sus mayores aportaciones a la ciencia fueron los estudios navales y sobre todo el descubrimiento de las anomalías gravimétricas que ayudaron a determinar la forma de la tierra. Fue laureado hasta el aburrimiento por la Academia de París y murió en 1758, soltero y sin compromiso, de un «absceso al hígado». Godin, víctima de su despreocupación por los asuntos financieros, quedó arruinado, ahogado por los intereses de sus prestamistas y enemistado con muchos miembros de la expedición, quienes le reprochaban su incapacidad para coordinar la expedición y conseguir dinero efectivo. No toda la culpa fue suya: la Academia demostró una nefasta previsión y abandonó a sus eruditos, al tiempo que la administración americana colgó el cartel de no se fía, negándoles cualquier adelanto. En su favor hay que apuntar que mantuvo una cordial relación con Juan y Ulloa, fue su mejor maestro y les ayudó a completar las mediciones geodésicas y astronómicas. Sin

ser noble, vivió como un marqués, aunque se vio obligado a trabajar ocasionalmente para las autoridades locales en actividades tan variopintas como rescatar el oro de un galeón hundido, enseñar matemáticas en la universidad de Lima o dirigir la reconstrucción de la ciudad tras el terremoto de 1746. Mientras estaba en América, Godin fue expulsado de la Academia francesa acusado de venderse a un país extranjero y repudiado por su mujer cuando se enteró de la lujuriosa vida que había llevado. Pudo regresar a Europa gracias al gobierno español, que en 1748 liquidó sus deudas con la condición de que se incorporase a la Academia de Guardiamarinas de Cádiz. Aceptó la oferta y comenzó el regreso con Jussieu pasando por Cuzco, Machu Pichu, el lago Titicaca y La Paz. En esta ciudad el botánico, que ya no andaba muy en sus cabales, le indicó que le esperase en Buenos Aires, pues iba a estudiar una zona cercana de los Andes. Tras seis meses sin noticias de su colega, Godin embarcó en un navío portugués, pero un inexplicable suceso le retuvo medio año en Rio de Janeiro y no pudo llegar a Lisboa hasta julio de 1751. Nadie sabe cómo, recuperó a su familia y se estableció con ellos en Cádiz, donde dirigió la Escuela de guardiamarinas y montó el observatorio astronómico. Allí falleció en 1760, dicen que por la tristeza que le produjo ver morir a su hija.

## 8. Colofón

Este viaje ecuatorial fue muy complejo y suele calificarse como desastroso, pero tras casi diez años se completó con éxito, algo que no puede decirse de muchos de los proyectos cartográficos españoles efectuados entre los siglos XVI y XIX. Los cinco protagonistas hicieron sus observaciones entre 1738 y 1744, calcularon por separado el valor del grado y demostraron que la tierra estaba achatada por los polos. Sus números resultaron algo exagerados pues el aplanamiento medio se cifró en 1/216, mucho mayor que el 1/300 oficial de nuestros días. Hubo grandes

enfrentamientos, recelos profesionales, discusiones sobre los métodos e instrumentos y no siempre compartieron los datos, por lo que la conclusión del proyecto puede considerarse casi un milagro. Jorge Juan y Antonio de Ulloa se compenetraron en el campo profesional y personal. Durante la expedición siempre estuvieron unidos y posteriormente mantuvieron una cariñosa correspondencia, consultándose sobre asuntos técnicos y administrativos. Gracias a los académicos franceses aprendieron lo más avanzado de muchas disciplinas, desde geodesia a la más sofisticada construcción naval, pasando por el cálculo diferencial, la fabricación de aparatos de precisión o el manejo del péndulo para medir la gravedad. Dejaron de ser militares instruidos para convertirse en científicos comprometidos con su país, dispuestos a afrontar las reformas necesarias para quitarle la mugre a España y conseguir el avance de nuestra ciencia. Y por encima de todo vivieron la aventura más extraordinaria que jamás pudieron imaginar.

## Bibliografía:

- ANÓNIMO (c. 1750): Documentos sobre la construcción de dos pirámides en la provincia de Quito, marcando los límites del grado terrestre. BNE. Mss/7406.
- DIE MACULET, Rosario & ALBEROLA ROMÁ Armando (2013): «Jorge Juan Santacilia. Síntesis de una vida al servicio del estado». Revista General de Marina, nº 265, pp. 229-250.
- FERREIRO, Larrie D. (2011): Measure of the Earth: The Enlightenment Expedition That Reshaped Our World. Ed. Basic Books, New York, pp. XIX+353.
- GUARDIA, Sara (2012): Viajeras entre dos mundos. Ed. UFGD, 944 p.
- GUILLÉN, Julio (1973): Los Tenientes de Navío Jorge Juan y Santacilia y Antonio de Ulloa y de la Torre-Guiral y la medición del Meridiano. Ed. Caja de Ahorros de Novelda, Alicante, 274 p.
- HERNÁNDEZ, Raúl (2008): El matemático impaciente. La Condamine, las pirámides de Quito y la ciencia ilustrada (1740-1751). Ed. Instituto francés de estudios andinos. 319 p.
- JUAN, Jorge y ULLOA, Antonio (1748): Observaciones astronómicas y físicas hechas en los Reinos del Perú... Impreso por Antonio Martín, Madrid, 396 p.
- JUAN, Jorge y ULLOA, Antonio (1748): Relación histórica del viaje hecho de orden de su Majestad a la América Meridional... Impreso por Antonio Marín, Madrid, 603 p.
- JUAN, Jorge y ULLOA, Antonio (1749): Noticias secretas: sobre el gobierno, administración de justicia, estado del clero y costumbres entre los indios del interior. Ed. Crítica, Barcelona, 527 p.
- JUAN, Jorge y ULLOA, Antonio (1826): Noticias Secretas de América, sobre el estado naval, militar y político del Perú y provincia de Quito... Imprenta de R. Taylor, Londres, 611 p. BNE.
- JUAN, Jorge y ULLOA, Antonio (1978): Relación histórica del viaje hecho de orden de su Majestad a la América Meridional... Edición facsimilar. Ed. Fundación Universitaria Española, Madrid, vol. 1, 682 p.; vol. 2, 603 p. + CXCV p.
- JUAN, Jorge y ULLOA, Antonio (c. 1750): Dissertacion historica, y geographica sobre el meridiano de demarcacion entre los dominios de España, y Portugal... BNE, Mss/3100, 294 h.
- LA CONDAMINE, Charles (1745): Extracto del Diario de observaciones hechas en el viaje De la Provincia de Quito al Pará, por el Rio de las Amazonas. Ed. Joan Catuffe, 121 p, BNE.
- LA CONDAMINE, Charles (1751): Journal du voyage fait par ordre du roi a l'Équateur, servant d'introduction historique a la Mesure des trois premiers degrés du méridien. Ed. l'Imprimerie royale, Paris BNF.
- LA CONDAMINE, Charles (1921): Relación abreviada de un viaje hecho por el interior de la América meridional.... Ed. Calpe, Madrid, 229 p.
- LA CONDAMINE, Charles (1945): Viaje a la América meridional. Ed. Espasa Calpe, Buenos Aires, 170 p.
- LAFUENTE, Antonio (1983): «Una ciencia para el estado: la expedición geodésica hispano-francesa al virreinato del Perú (1734-1743)», Revista de Indias nº 43, Ed. CSIC, pp. 549-629.
- LAFUENTE, Antonio y MAZUECOS, Antonio (1987): Los caballeros del punto fijo. Ed. Serbal, Barcelona, 256 p.
- LAFUENTE, Antonio, DELGADO Antonio (1984): La geometrización de la tierra: observaciones y resultados de la expedición geodésica hispano-francesa al Virreinato del Perú, 1735-1744, Ed. CSIC, Madrid, 275 p.
- PIMENTEL, Juan (2001): Viajeros científicos: tres grandes expediciones al nuevo mundo: Jorge Juan, Mutis, Malaspina. Ed. Nivola, Madrid, 140 p.
- RAMOS, Luis. (1985): Época, génesis y texto de las 'Noticias secretas de América', de Jorge Juan y Antonio de Ulloa. Ed. Instituto Gonzalo Fernández de Oviedo, Madrid. Vol. 1, 440 p; Vol. 2, 664 p.
- RUIZ, Mario (2011): «La triangulación geodésica entre Quito y Cuenca de Jorge Juan y Antonio de Ulloa». Revista de historia naval, año XXIX, nº 113. Ed. Instituto de Historia y Cultura Naval. Armada Española, 66 p.
- SOLANO, Francisco (1999): La pasión de reformar: Antonio de Ulloa, marino y científico, 1716-1795. Ed. Universidad de Cádiz, Cádiz, 458 p.
- SOLER, Emilio (2002): Viajes de Jorge Juan y Santacilia. Ed. Ediciones B, 379 p.
- VALVERDE, Nuria (2012): Un mundo en equilibrio: Jorge Juan (1713 -1773). Ed. Marcial Pons, Madrid, 277 p.
- VÁZQUEZ MAURE, Francisco (1982): «Jorge Juan y la cartografía Española del siglo XVIII». Boletín de la Real Sociedad Geográfica, Tomo 98. pp. 127-139.
- VVAA (1987): La forma de la tierra, medición del meridiano: 250 aniversario. Catálogo de la exposición. Ed. Museo Naval, Madrid, 165 p.
- VVAA (2015): Antonio de Ulloa: la biblioteca de un ilustrado. Ed. Universidad de Sevilla, Sevilla, 143 p.