

más tarde, con motivo de encontrarse en México como comandante de la flota de Nueva España, volvería a recordar sus antiguas aficiones preparando en Veracruz un *Cuestionario para la formación del completo conocimiento de la geografía, física, antigüedades, mineralogía y metalurgia de este reino de Nueva España e instrucción sobre el modo de formarlas* (México, Imp. F. Zúñiga, 1777), en un género ampliamente utilizado por la administración española⁸⁸ y una *Descripción Geográfico-Física de una parte de Nueva España* (1777), con noticias sobre el territorio, clima y producciones de Veracruz, minas de Guanajuato, Pachuca, Real del Monte y de la capital mexicana⁸⁹.

Quizá la imagen final más expresiva de este marino ilustrado sea la que ofrece el viajero inglés Joseph Townsend, quien al visitarle en Cádiz, en 1787, lo retrató de la siguiente manera:

"Hallé en él a un perfecto filósofo, culto y sensible, de conversación animada y maneras abiertas y llanas. Al observar que dos soldados montaban guardia a su puerta, esperé encontrar en él cierta altivez; pero no hallé nada parecido. Este gran hombre es de diminuta estatura y extrema delgadez, y se encuentra inclinado por la edad. Le encontré vestido como un campesino y rodeado por sus numerosos hijos, el menor de los cuales, que tenía unos dos años, estaba jugando sobre sus rodillas. Se encontraba sentado, para recibir a sus visitas matutinas, en una habitación cuyas dimensiones y mobiliario me hicieron por un momento desviar mi atención de su persona, que era el principal objeto de mi veneración. La sala tenía veinte pies de longitud, catorce de anchura y menos de ocho de altura. Vefanse allí en confusa dispersión sillas, mesas, baúles, cajas, libros, papeles, una cama, una prensa, paraguas, ropas, herramientas de carpintería, instrumentos de matemáticas, un barómetro, un reloj, armas, cuadros, espejos, fósiles minerales, conchas, una caldera, lebrillos, jarros rotos, antigüedades americanas, dinero y una momia de las islas Canarias,..."⁹⁰

88 Solano, F. de (Ed.): *Cuestionarios para la formación de las Relaciones geográficas de Indias. Siglos XVI/XIX*, Madrid, CSIC, 1988, y Alvarez Peláez, R.: *La conquista de la naturaleza americana*, Madrid, CSIC, 1993.

89 Solano, F. de: *Antonio de Ulloa y la Nueva España*, México, UNAM, 2.ª ed., 1987.

90 Townsend, J.: *Viaje por España en la época de Carlos III (1786-1787)*, Madrid, Turner, 1988, pág. 308.

RETORICA Y EXPERIMENTACION EN LA POLEMICA SOBRE LA FIGURA DE LA TIERRA*

ANTONIO LAFUENTE
CENTRO DE ESTUDIOS HISTÓRICOS. CSIC

La geodesia ha venido a convertirse hoy en una especialidad física de segundo o tercer orden. En arquitectura o ingeniería siguen realizándose trabajos de nivelación geodésica, pero los métodos que ahora se emplean están tan sumamente codificados e informatizados que los instrumentos de observación y cálculo que se utilizan apenas si requieren otra intervención humana que no sea sujetar correctamente el aparato o introducir cuidadosamente los datos en el ordenador. Cuesta trabajo imaginar que este tipo de actividad que hoy consideramos técnica, o mejor dicho sencillamente práctica, pudiera haber sido en el pasado un área científica capaz de interesar a los científicos más prestigiosos de Europa o de afectar las cuestiones teóricas y experimentales más acuciantes de la ciencia del momento.

Aunque parezca sorprendente, así ocurrió, como lo prueba el testimonio, entre los muchos que podríamos elegir, de Pierre Moureau de Maupertuis, un científico entre cuyos méritos se siguen citando inevitablemente el descubrimiento del principio de mínima acción y la introducción de una hipótesis transformista para explicar la variabilidad y cambio en el mundo natural, además de la presidencia por encargo de Federico II de Prusia de la Academia de Ciencias de Berlín.

Recordando Maupertuis el ambiente en el que se produjo la decisión de la Academia de Ciencias de París de organizar las expediciones geodésicas a Quito y a Laponia, escribía en su *Lettre sur la figure de la Terre*: "Fue sin duda la época más brillante que nunca han conocido las ciencias"¹. Y, en efecto, la cuestión sobre la figura de la Tierra fue una de las controversias científicas más apasionadas y de mayor visibilidad social durante

* Una versión abreviada, aún inédita, de este texto fue presentada como conferencia plenaria en las *III Trobades d'Història de la Ciència i de la Tècnica als Països Catalans* (Tarragona, 5-8 de diciembre de 1994). El presente trabajo se ha beneficiado de la ayuda de la DGICYT PB91-0071.

¹ Maupertuis, P. L. M.: *Lettre sur la figure de la Terre*, ("Œuvres", 4 vols, Lyon, II, 1756, págs. 262-263. Sobre Maupertuis y su papel en la difusión de las ideas de Newton en el continente, puede consultarse de Brunet, P.: *L'introduction des théories de Newton en France au XVIIIe siècle. (Avant 1738)*, París, 1931. También su excelente biografía "Maupertuis" (2 vols., París, 1929) y nuestro Lafuente, A. y Peset, José L.: *Maupertuis, el orden verosímil del cosmos* (Madrid, Alianza Ed., 1985).

el siglo XVIII². El tema, no obstante, habría sido una cuestión marginal de no haber articulado lo que Voltaire, atento seguidor de los debates, llamó furiosas contradicciones.

Recordemos brevemente los hechos decisivos sin pormenorizar demasiadas fechas, ni matices³; la Tierra fue esférica hasta 1689, cuando Newton en las Proposiciones XVIII, XIX y XX del libro III de los *Principia* demostró que, considerando nuestro planeta una masa de fluido en rotación, estaba achatada por los polos en una magnitud difícil de probar empíricamente. Obviamente tales deducciones se hicieron a partir de su ley de gravitación universal, lo que suponía aceptar, entre otras consecuencias, un principio de acción a distancia y la existencia del vacío. Sólo un año después, Huygens publicaba su *Discours sur la cause de la pesanteur* para contradecir a Newton y afirmar: "No estoy de acuerdo con el principio de que [...] dos a más cuerpos diferentes se atraen o tienden a aproximarse mutuamente [...] la causa de tal atracción no es explicable en absoluto por ningún principio de mecánica [...] Tampoco estoy persuadido de la necesidad de la atracción mutua de los cuerpos enteros, habiendo probado que, aunque no hubiese Tierra, los cuerpos tenderían hacia un centro."⁴ Como todos los cartesianos, Huygens creía que la masa del éter en el *plenun* cósmico era arrastrada por el movimiento de los cuerpos celestes de tal manera que la resultante de las fuerzas presentes empujaba a los cuerpos hacia el centro de rotación. Al aplicar tales principios a la figura de la Tierra, deducía que nuestro planeta, en efecto, no era perfectamente esférico, pero que su achatamiento era de

2 Un extenso tratamiento de todos estos aspectos puede encontrarse en nuestros Lafuente, A. y Mazuecos, A.: *Los caballeros del punto fijo. Ciencia, política y aventura en la expedición geodésica hispanofrancesa al virreinato del Perú en el siglo XVIII* (Barcelona, El Serbal/CSIC, 1985) y en Lafuente, A. y Delgado, A. J.: *La geometrización de la Tierra (1735-1745)* (Madrid, CSIC: Galileo, 1985). También en Lafuente, A. y Peset, J. L.: "La question de la figure de la Terre. L'agonie d'un débat scientifique au XVIIIe siècle", *Revue d'Histoire des Sciences*, 37, págs. 235-254, 1984. Una perspectiva más general de la renovación de la cultura científica francesa durante la Ilustración, puede encontrarse en Ehrard, J.: *L'idée de Nature en France dans la première moitié du XVIIIe siècle*, París, 1981. Ver también, Chouillet, A. M.: "Rôle de la presse périodique de langue française dans la diffusion des informations concernant les missions en Laponie ou sous l'équateur", en Lacombe, H. y Costabel, P.: *La figure de la Terre du XVIIIe siècle à l'ère spatiale*, París, Gauthier-Villars, 1988, págs. 171-190.

3 Hay una extensa bibliografía sobre la cuestión de la figura de la Tierra que nosotros sintetizaremos en algunos títulos particularmente significativos; entre ellos, Lalande, J. F.: *Astronomie*, 3 vols., París, 1792. Todhunter, I.: *A history of the mathematical theories of attraction and the figure of the Earth*, 2 vols., Londres, 1873. Hall, D. H.: *History of the Earth sciences during the scientific and industrial revolutions with special emphasis on the physical geosciences*, Amsterdam, 1976. Los aspectos más experimentales de la polémica son atendidos preferentemente en Delambre, J. B. J.: *Grandeur et figure de la Terre*, París, 1912. Butterfield, A. D.: *History of the determination of the figure of the earth from arc measurements*, Worcester, Mass., 1906. Los aspectos relacionados con el establecimiento del sistema métrico decimal son tratados en Bigourdan, G.: *Le système métrique des poids et mesures*, París, 1901; también, Debarbat, S. y Ten, A. E., eds.: *Mètre et système métrique*, París, Observatoire de París, 1993.

4 Huygens, C.: "Discours sur la cause de la pesanteur", texto publicado como apéndice de su *Traité de la Lumière*, Leyden, 1690. La cita en pág. 159.

magnitud diferente al predicho por Newton⁵. La física cartesiana se enfrentaba en una cuestión concreta a la newtoniana.

No quedarían ahí las cosas: en 1722, Jean Dominique Cassini, un italiano establecido en París y reputado como el mejor astrónomo de su época, publica *De la grandeur et figure de la Terre*, un texto en donde mediante observaciones astronómicas y geodésicas, se rechaza la tesis del achatamiento polar newtoniano. El libro, aún cuando para algunos miembros de la Academia de Ciencias de París contenía ciertas imprecisiones y no pocas hipótesis *ad hoc* que mejoraban la teoría de Huygens sin contradecir su identidad cartesiana, sentaba las bases de un gran debate, pues además de enfrentar a las figuras más representativas del nuevo santoral de la ciencia, presentaba sus conclusiones como una colisión entre los usos de la cosmología teórica y los de la práctica astronómica. Mientras que se acusaba a Newton de especulativo, se reubicaba a Descartes en lo más alto del pedestal de la ciencia.

Ya no me detendré en más preámbulos para justificar por qué la polémica sobre la figura de la Tierra llegó a connotarse con agrios sentimientos nacionalistas y arrastrar a la Royal Society y a la Académie des Sciences a un compromiso con la ortodoxia newtoniana y cartesiana, respectivamente. En la misma *Encyclopedie* dejó constancia de ello D'Alambert: "Se creyó [escribe refiriéndose a la Academia de París] que estaba en juego el honor de la nación dejando tomar a la Tierra una figura extraña, una figura imaginada por un inglés y un holandés"⁶. Tan agudas llegaron a ser las discrepancias que no hay exageración cuando se afirma que una gran parte de la actividad científica continental, durante la cuarta y quinta década del setecientos, se orientó hacia la búsqueda y desarrollo de soluciones teóricas y experimentales⁷.

París ya era el centro del mundo científico y casi todos en la Academia confiaban en poder demostrar la superioridad de la ciencia francesa. Para concluir los debates bastaba con determinar el valor de un grado de meridiano en dos latitudes diferentes y comparar sus medidas. Si eran iguales, la Tierra sería esférica; si por el contrario eran diferentes se podría averiguar cuál era el eje achatado, así como su magnitud. Desde el gabinete parecía muy simple: bastaba, se decía, con la organización de dos expediciones a latitudes lo más alejadas posible, para así acentuar la previsible diferencia en las dos medidas del grado.

5 Sobre estas cuestiones, ver Dugas, R.: *La mécanique au XVIII^{ème} siècle*, Neuchâtel, 1954, págs. 312ss y 446ss. También Westfall, R. S.: *Force in Newton Physics*, New York, 1977, págs. 177ss.

6 Ver Lafuente y Mazuecos, *Los caballeros...*, págs. 9 y 47ss.

7 Tal fue la intensidad y visibilidad del debate que Cassini de Thury afirmaba en la sesión del 12 de junio de 1760 en la Academia de Ciencias de París que "...no había ya en la academia ningún astrónomo que no haya viajado para el progreso de la academia y de la geografía, pues han tomado parte en la medida de grados en todas las partes del mundo". Citado en Lafuente, A.: "Los elementos de un debate científico durante la primera mitad del siglo XVIII: la cuestión de la figura de la Tierra", *Geo Critica*, 46, agosto de 1983.

Y tal como se pensó, se decidió: una expedición iría a Laponia dirigida por Maupertuis con la colaboración, entre otros, de Lemonier, Clairaut, Camus y Celsius⁸; la otra lo haría al actual Ecuador, entonces parte del virreinato del Perú, encabezada por Godin y ayudado por La Condamine, Bouguer, Jussieu, Jorge Juan, Antonio de Ulloa o Pedro Vicente Maldonado.

Diseñar estas expediciones no era tarea fácil; tanto como experimento crucial que habría de concluir el debate, como en su dimensión de empresa académica internacional, se trataba de una iniciativa tan novedosa como compleja. Nosotros nos concentraremos en la misión desarrollada en Quito, la más completa de las dos y que, como caso de estudio, resulta particularmente reveladora de las dificultades a que hubo de hacer frente la geodesia para convertirse en una nueva disciplina científica. Pretendo así, interpretando los deseos de los organizadores de este coloquio, atender un doble propósito: el primero, tratar los aspectos científicos de la expedición y, en particular, los problemas asociados a la triangulación de un meridiano y, el segundo, explorar las complejidades de la experimentación en la ciencia del siglo XVIII. El examen de parte de lo sucedido en los páramos andinos, así lo confirma y a tal objetivo estarán destinadas las siguientes párrafos. Vengamos, sin mayor demora, al asunto.

La misión que iban a desarrollar los expedicionarios en tierras americanas constaba de dos fases bien diferenciadas: la geodésica, entonces denominada geométrica, básicamente consistía en triangular una distancia de unos 400 kms. a lo largo del corredor interandino, aprovechando las cordilleras occidental y oriental para la instalación de los puestos de observación. La distancia, equivalente a más de 3° de latitud, era suficiente para el fin que se proponían y las medidas de la base de comprobación, obtenidas según era preceptivo por dos métodos independientes, confirmaban la existencia de un error casi despreciable. Durante esta etapa, que les ocupó entre 1736 y 1739, tuvieron que hacer frente a dos tipos de problemas para asegurarse de la bondad del resultado final; de una parte, los derivados del utillaje científico empleado, especialmente el cuarto de círculo y el barómetro; de la otra, los asociados con la multitud de verificaciones accesorias y observaciones complementarias cuyo objetivo era depurar los datos de los errores previsibles y reducir los lados de la triangulación al nivel del mar.

La segunda fase aludida se refiere a las observaciones astronómicas para determinar la amplitud angular del arco triangulado. Los cerca de cuatro años que emplearon en esta operación nos remiten al más arduo problema que resolvieron los académicos: la construcción, calibrado, instalación y calado del gran sector de astronómico de 18 pies de radio que sustituyese al que transportaron desde París. En conjunto se trataba de un

8 Sobre esta expedición, puede verse Taton, R.: "L'expédition géodésique de Laponie (avril 1736-août 1737)", en Lacombe, H. y Costabel, P.: *La figure de la Terre...*, págs. 115-138. Nordmann, C. J.: "L'expédition de Maupertuis et Celsius en Laponie", *Cahiers d'Histoire Mondiales*, X-1, 74-97, 1966. También el capítulo "From London to Lapland and Berlin" del libro de Brown, P. H.: *Science and Human Comedie. Natural Philosophy in French Literature from Rabelais to Maupertuis*, University of Toronto Press, 1976, págs. 167-206.

programa de observaciones que teóricamente era fácil de realizar. Incluso su ejecución práctica había sido desarrollada con rapidez y de modo convincente por los expedicionarios del Norte, los que trabajaron en Laponia.

¿Qué ocurrió entonces en el virreinato del Perú? ¿A qué atribuir tan prolongada estancia y tanta dificultad para concluir la misión? Las razones son variadas y complejas, pero reductibles, tal vez, a dos tipos generales. En primer lugar, los motivos externos, ya fuesen provocados por carencias organizativas —por ejemplo, las penurias financieras o la imposibilidad de asegurar la comunicación con Europa—, ya fuesen consecuencia de trabas administrativas o disputas personales —como los varios procesos judiciales sufridos por los expedicionarios en Quito, el impacto negativo de la guerra entre España e Inglaterra, el conflicto diplomático suscitado por la instalación de las pirámides conmemorativas, los continuos enfrentamientos entre los expedicionarios o los graves quebrantos de salud que padecieron—. No podemos olvidar tampoco el reto que les planteó la adversa orografía y climatología local. Son, en parte, razones externas y circunstancias específicas que se sobreañadieron al proyecto académico, revelándose como factores de gran repercusión sobre la marcha de los trabajos. Sería difícil exagerar la importancia de los hechos mencionados.

En segundo término, destacaríamos la extraordinaria capacidad de nuestros expedicionarios para problematizar el objeto de su viaje; en principio, merece ser elogiada su inquietud por la precisión de las medidas, actitud que les condujo a efectuar programas sistemáticos de investigación de fenómenos naturales sobre los que no existía ninguna teoría mínimamente consensuada, ni la suficiente experiencia acumulada. Eran cuestiones, si se quiere marginales, pero situadas en la frontera de saber científico y en especial de la física o la mecánica. Entre ellas se encontrarían temas como la refracción atmosférica y astronómica, la variación local de la gravedad y, por tanto, de la verticalidad de la plomada en presencia de grandes masas montañosas, la determinación barométrica de las alturas, la dilatación de materiales, la construcción de instrumentos y el grabado del limbo, etc.

Sin duda, el conocimiento por parte de los expedicionarios de que la misión de Laponia había finalizado en 1738, en tan sólo un año y aportando resultados concluyentes favorables al achatamiento polar, fue un revulsivo que estimuló el diseño de un experimento que aspiraba a cotas de precisión hasta entonces desconocidas; los expedicionarios americanos pensaron que si la historia no iba a recordarlos por dar la razón a Newton en la polémica, tendría en cambio que reservar un espacio para rememorar un tan vasto y riguroso programa de observaciones como el que estaban ahora dispuestos a realizar.

Buscaban la gloria y no estaban dispuestos a escatimar esfuerzo alguno; las circunstancias que tantas veces estuvieron a punto de arruinar la misión, les obligarían a enfrentar dificultades inéditas para la ciencia del momento. La simple mención de algunas, lo mostrará con claridad; por ejemplo, nunca se habían efectuado observaciones astronómicas sistemáticas por encima de los 3.000 metros, como rara vez los lados de

los triángulos, los desniveles entre las señales o las oscilaciones termométricas habían sido tan grandes. Igualmente, no era habitual el traslado de instrumentos de precisión y casi de gabinete, a través de elevadas cimas montañosas y tras largas y penosas caminatas, lo que provocaría graves desajustes en el sector de pasos o en el barómetro⁹. El conjunto de todos estos factores dejaba siempre un poso de duda sobre la calidad de las medidas, siendo, por otra parte, muy difícil decidir si los errores eran atribuibles a deficiencias del observador, a la mala construcción del instrumento o eran efecto de uno de los fenómenos físicos mencionados y entonces muy poco conocidos. Por demás, no existían, entre la proliferación de experimentos parciales y cifras discordantes entre sí, criterios claros que delimitasen la relación entre las previsiones teóricas, las prácticas observacionales y las expectativas reales de precisión que cabía esperar del conjunto de sus operaciones.

En definitiva, se enfrentaban a problemas que desbordaban el objetivo de su misión, sin los suficientes instrumentos conceptuales, ni el utillaje científico necesario. La empresa académica, pues, se transformó paulatinamente en una aventura cuyas implicaciones científicas, políticas, sociales o biográficas, irán entremezclándose sin que ninguna de ellas haga sombra a las restantes.

El carácter arriesgado de esta aventura ya se sospechaba antes de que en la última sesión académica correspondiente a 1733, Godin propusiera la medida de un grado de meridiano en las proximidades del ecuador terrestre. Las propuestas previas de La Condamine para desarrollar los trabajos en las colonias portuguesas, africanas o brasileñas, habían sido rechazadas por el temor a peligros desconocidos; antes de salir de París, Fouchy, Pimodan y de la Grive, menos necesitados de los laureles de la gloria, renuncian a un viaje cuyas penurias todo el mundo adivinaba. Cuando llegan a Quito en mayo de 1736 sus recursos financieros son tan escasos que tendrán que endeudarse, antes de tener que autofinanciar sus trabajos.

Más aún, todavía navegaban por los mares del Sur rumbo a Guayaquil cuando La Condamine y Bouguer, tras agrias disputas con Godin, decidirán separarse del grupo expedicionario y continuar su viaje por otro camino hasta Quito. La tensión entre los miembros de la expedición, aunque a veces latente, nunca desaparecerá como tampoco los motivos para alimentar el enfrentamiento. Si graves fueron las luchas internas, no menos serios serían los conflictos con la Administración colonial. El Reino de Quito se encontraba inmerso en un profundo proceso de crisis, que coyunturalmente se veía

9 La fabricación de instrumentos científicos era en esta época una tarea de artesanal en la que cada constructor tenía sus propios métodos para el trazado del limbo, la fijación del cero o el logro de la verticalidad. Estaba pues alejada del "standar" ideal que asegurara, por ejemplo, la comparación de las medidas. Sobre este problema, ver, Daumas, M.: *Les instruments scientifiques aux XVII^e et XVIII^e siècles*, París, 1953. Turner, A.: *Early Scientific Instruments. Europe 1400-1800*, Londres, Sotheby's Pb., 1987. Turner, G. L'E.: *Scientific Instruments and Experimental Philosophy 1550-1850*, Hampshire, Variorum, 1990; y, del mismo autor, "The London Trade in Scientific Instruments-Making in the Eighteenth Century", *Vistas in Astronomy*, 20, 173-182, 1976.

agravado por el avivamiento de la vieja pugna entre las dos castas étnicas dominantes de los chapetones y los criollos¹⁰. El bajo rendimiento en mercurio de Huencavélica había asfixiado la minería de la plata y reducido notablemente la demanda interna americana de productos manufacturados, iniciándose un proceso de regionalización económica colonial, muy potenciado por la sistemática introducción de mercaderías extranjeras y particularmente grave en el sector textil. Peninsulares y criollos vivían con gran inquietud la situación y estaban tan hipersensibilizados hacia el problema, como reacios de su respectivo compromiso con el orden jurídico. Todo ello, como se sabe, afectó a la vida de los académicos, quienes, si de una parte, encontraban a ríto revuelto posibilidades de conseguir fáciles recursos financieros, de la otra estaban en el punto de mira, y como víctimas propiciatorias, de las autoridades locales. Realmente, aunque no hay pruebas concluyentes sobre las supuestas prácticas comerciales de La Condamine, lo cierto es que fue sometido a dos procesos judiciales, a los que se añadirían los provocados por el asesinato de Seniergues durante el motín que contra los chapetones estalló en la ciudad de Cuenca a los gritos de "Viva el Rey y mueran los gavachos y el mal gobierno"¹¹.

No nos detendremos en la consideración de las difíciles condiciones de vida en los páramos andinos, ni en los contínuos pacedimientos o incomprensiones de que fueron objeto los expedicionarios¹². El relato de la peripecia humana nos obligaría a dar a este

10 Sobre estas cuestiones puede consultarse Ramos Pérez, L. J.: *Las Noticias secretas de América de Jorge Juan y Antonio de Ulloa (1735-1745)*, Madrid, CSIC, 1985; y Molina Martínez, M.: "Estudio preliminar" a la edición facsímil de Ulloa, A. de: *Noticias americanas*, Granada, Universidad de Granada, 1992; Guillén Tato, J.: *Los tenientes de navío Jorge Juan y Santacilia y Antonio de Ulloa de la Torre-Guiral y la medición del meridiano*, Madrid, 1973; Merino Navarro, José P. y Rodríguez San Vicente, Miguel M., han editado facsimilarmente las *Observaciones astronómicas...* y la *Relación histórica del viage a la América meridional...*, las dos obras que escribieron Juan y Ulloa sobre sus trabajos de carácter científico. También, Lafuente, A.: "Una ciencia para el estado: la expedición geodésica hispano-francesa al virreinato del Perú (1734-1743)", *Revista de Indias*, 43, págs. 549-629, 1983; y, Lafuente, A. y Estrella, E.: "Scientific enterprise, academic adventure and drawing-room culture in the geodesic mission to Quito (1735-1755)", XVII International Congress of History of Science, Berkeley, 1985. Zúñiga, N.: *La expedición científica de Francia del siglo XVIII en la Presidencia de Quito*, Quito, 1977. Disponemos de una novela que ha prestado particular atención a estos aspectos, Trystram, F.: *Le procès des étoiles*, París, Seghers, 1979.

11 Ver, Lafuente y Mazuecos, *Los caballeros...*, pág. 132.

12 Las fatigas a las que tuvieron que hacer frente fueron considerables. Tanto que sus actividades fueron objeto de controvertidos comentarios por parte de los naturales del país. El siguiente testimonio de Ulloa no puede ser ni más elocuente, ni más simpático: "Ahora es justo que se considere, cuánta diversidad de juicios formarían en aquellos Pueblos sus Habitantes: por una parte los admiraba nuestra resolución; por otra, los sorprendía nuestra constancia; y finalmente todo era confusión aún en las personas más cultas; preguntábanles a los Indios, cuál era la vida, que tenían en aquellos sitios, y quedaban espantados del informe, que les hacían: Veían, que se negaban todos a asistirnos, aún siendo de naturaleza robustos, sufridos y acostumbrados a las fatigas; experimentaban la tranquilidad de ánimo, con que sin tiempo determinado vivíamos en aquellos sitios; y la conformidad con que después de haber concluido en uno la cuarentena de trabajos y soledad, pasábamos a los otros; y en tanta admiración, y novedad no sabían, a qué atribuirlo. Unos

texto una extensión exagerada. Quede, pues, constancia de ello y vengamos sobre el tratamiento de alguno de los aspectos científicos de la misión.

A este respecto, y por razones de brevedad, me detendré sólo en el problema de la nivelación barométrica y en el de la construcción y puesta a punto del gran sector astronómico¹³.

Como en todos los temas estudiados, los expedicionarios no llegaron a Quito completamente inermes. La teoría de Mariotte proporcionaba un modelo teórico desde el que interpretar correctamente las variaciones de la columna de mercurio¹⁴. Sin embargo, sus primeras medidas no sólo presentaban una notable dispersión de resultados, sino una inquietante irregularidad, que cuestionaba la bondad del modelo y la viabilidad de la ley matemática usualmente empleada.

La novedad podía proceder de tres causas: la primera, desajuste o defecto de fabricación del instrumento; la segunda, deficiencias en el grabado del tubo que, según la experiencia, parecían ser más significativas cuando los desniveles a comparar no eran muy grandes; y, tercera, fracaso de la teoría. Todos los expedicionarios coincidieron en la conveniencia de rechazar las hipótesis de Mariotte, salvo en el supuesto de grandes desniveles, y en no cuestionar su fe en el instrumento¹⁵. Esta alternativa les obligaba a intentar la búsqueda de una expresión algebraica estable por procedimientos empíricos, aunque su validez sólo fuese local.

Había ya algún precedente en los escritos de Feuillée y Cassini. El fundamento básico inicial consistía en suponer que la altura de un lugar aumentaba en progresión aritmética respecto a la variación del mercurio: se trataba de averiguar el primer término de la

tenían a locura nuestras resoluciones; otros lo encaminaban a codicia persuadiéndose, que andábamos buscando minerales preciosos por medio de algún método particular, que habíamos inventado; otros nos discurrían Mágicos, y todos quedaban embebidos por una confusión interminable; porque en ninguno de los casos, que sus pensamientos les dictaban, hallaban que tuviese correspondencia en su logro a la fatiga y penalidades de tal vida: asunto que aún todavía mantiene la duda en mucha parte de aquellas Gentes, sin poder persuadirse a cuál fuese el cierto fin de nuestro viaje, como ignorantes de su importancia". Juan y Ulloa: *Relación histórica del Viage a la América Meridional*, Madrid, 1748, I, pág. 137.

¹³ Con gran detalle, hemos abordado previamente estos aspectos en la ya citada Lafuente y Delgado, *La geometrización...*

¹⁴ Sobre la puesta a punto del barómetro como instrumento científico de precisión, ver Middleton, W. E. K.: *The history of barometer*, Baltimore, 1964. La memoria de De Luc, J. A. (*Recherches sur les Modifications de l'Atmosphère*, Ginebra, 1749) contiene interesantes referencias históricas.

¹⁵ Juan y Ulloa explicaban el abandono de la teoría de Mariotte, pues "...a distancias cercanas a la superficie de la Tierra se haya dicha dilatación [del aire] en otra razón distinta [a la geométrica]; y [las observaciones] suponen, que las capas, o estratos de igual peso, en que se consideró dividida la Atmósfera, se dilatan en progresión aritmética, correspondiendo, a cada una de ellas igual aumento, o disminución de altura de Mercurio en el Barómetro". Cf. *Observaciones...*, pág.126. Bouguer lo atribuía a que "...las fuerzas elásticas del aire no siguen la razón inversa de las dilataciones [...] la segunda ley de M. Mariotte que supone la misma elasticidad en todas las partes de la atmósfera yerra por defecto en lo alto de las montañas". El texto procede de una carta de Bouguer a Du Fay (Petit Gôave, 25.X.1735), Archives de l'Observatoire de Paris, ms. C-2-7.

progresión, así como su razón. En términos algebraicos, lo que nuestros académicos intentaban era encontrar una expresión polinómica de segundo grado cuyas constantes se determinarían empíricamente. La tabla que presentamos resume las conclusiones obtenidas por los distintos expedicionarios, donde la primera y segunda columnas recogen los valores de las dos incógnitas aludidas en la progresión, expresada en *puntos*, y la tercera la expresión que da la altura en *toesas* para *n* líneas de variación barométrica:

Autor	Primer término (puntos)	Primer término (puntos)	Altura para <i>n</i> líneas
Cassini	1728	103680	$9,92n + 0,08n^2$
Feuillé	3456	103680	$9,83n + 0,17n^2$
Godin	1502	128798	$12,25n + 0,07n^2$
Bouguer (Paris)	1152	136080	$13,05n + 0,075n^2$
Bouguer (Quito)	1202	169920	$16,33n + 0,06n^2$
Juan	806	171176	$16,47n + 0,04n^2$
Juan (media)	371	149033	$14,35n + 0,02n^2$

Las diferencias entre ellos, como probamos en la siguiente tabla al comparar la altura predicha por la fórmula de cada uno aplicada a diferentes lugares de la triangulación, son tan significativas que es preciso poner en entredicho los propios fundamentos del procedimiento;

LUGAR	Altura mercurio	Altura Godin	Altura Juan	Altura Bouguer	Altura Condamine
Caraburu	21.3.3.	1434	1280	1697	1226
Oyambaro	20.7.9.	1614	1413	1819	1352
Tanlagua	18.9.9.	2188	1816	2515	1743
Pambamarca	17.3.4.	2732	2168	3080	2109

Los resultados eran decepcionantes, la oscilación en términos absolutos podía llegar hasta las casi 700 toesas lo que porcentualmente suponía el 35% del valor medio asignado a la altura de un lugar. Esto explica el interés de Bouguer por emprender la nivelación geodésica, método del que dudamos que hubiese asegurado resultados mucho más precisos, ya que su ejecución requería de una triangulación accesoria que atravesara

se la cordillera andina occidental y las selvas inexploradas de la región de Esmeraldas, única forma de conectar geodésicamente la planicie costera con el altiplano interior. También se entiende la radical oposición de Godin a una nueva empresa que retrasaría la marcha de los trabajos sin que cupiese esperar beneficios considerables, pues una variación de 200 toesas en la determinación de la altura de una señal repercutiría en sólo 2 toesas de error en la medida final del grado, y ello suponiendo que no operase el gran aliado de los geodestas: es decir, la siempre posible y feliz compensación de errores.

Y si ya conocían, antes del comienzo de los trabajos, la escasa incidencia de los errores en la nivelación, ¿por qué comprometieron tanto tiempo en las observaciones y llevaron la polémica interna hasta la más cruda separación e incomunicación de los dos grupos? Quede aquí constancia del radical compromiso de los académicos con las prácticas y recursos de la investigación empírica, así como de su tendencia a cuestionarse problemas que, sin pretender quitarles importancia, no eran significativos para el fin inicial y prioritario de la misión.

En definitiva, el caso tratado nos ilustra sobre la siempre compleja relación existente entre una colección de observaciones más o menos exactas y un experimento conclusivo. La lectura atenta de los manuscritos, en especial las cartas que intercambiaron y los cuadernos de notas, nos permite avanzar algo más en nuestros comentarios. Los académicos, además de científicos involucrados en una misión, eran personas cargadas de dudas y deseosas de convencer. Uno de los recursos más utilizados fue el de presentarse como esforzados trabajadores, insensibles al desaliento y abrumados por masas ingentes de datos y cálculos: matemáticas y observación, lejos de apuntalar una tesis, eran dieztramente presentadas para simular una exuberancia experimentalista que embotara la capacidad crítica del lector, dejándolo inerte ante el tumulto de ecuaciones, correcciones, precisiones instrumentales y quejas sobre la hostilidad del territorio y sus pobladores. Muchos son los testimonios que avalarían dicha afirmación; baste aquí con reproducir el amargo reproche que La Condamine dirigía a Bouguer en 1746, reconociendo su doloroso descubrimiento de que la precisión no era sino un compromiso entre los medios disponibles y el público receptor, entre los objetivos teóricos y las prácticas sancionadas: "He concluido [escribía La Condamine] que todo el cálculo no se puede hacer rigurosamente, sino por aproximación [...] Usted se explica de forma enigmática y, sin duda, intencionadamente. Estoy seguro de que hay maldad en hacer calcular y recalcular a quien el cálculo produce fiebre, sin piedad y sin fin, sin nunca poder regresar sobre sus pasos y remontar hasta la causa de los errores del cálculo, sin cometer otra nueva equivocación y entrar en verificaciones que, con frecuencia, son nueva fuente de error y que me hacen perder diez veces más tiempo que si, siendo menos puntilloso, renunciara a las verificaciones incidentales y accesorias"¹⁶. La queja expresa una accesión que es descrita como doloroso viacrucis del científico hacia la verdad lo que, sin duda, le inviste de la autori-

16 Carta de La Condamine a Bouguer (Denicourt, 17.X.1746), Archives de l'Observatoire de París, ms. C-2-7, págs. 10-11. Ver, *Los caballeros...*, págs. 176s.

dad de los antiguos profetas y de los nuevos descubridores.

Terminada la fase geodésica de la misión, se iniciaba la segunda etapa, es decir la determinación de la amplitud del arco mediante observaciones de la latitud. A finales de 1739, sin embargo, el desajuste de los instrumentos les colocaba en una situación desesperada. La siguiente tabla prueba lo que decimos.

OBSERVADORES	LUGAR	Nº Obs.	LATITUD MEDIA	DESV. TIPICA
Juan-Ulloa	Cartagena	18	10° 26' 0,6"	44,8"
Godin-Juan-Ulloa	Quito	16	0 13 36	21
Godin-Juan-Ulloa	Caracol	10	1 37 48	38
Godin-Juan-Ulloa	Guayaquil	27	2 11 15,3	30,5
Godin-Juan-Ulloa	Panamá	15	8 57 53,3	32,5
Juan-Ulloa	Lima	11	12 3 35,5	10,5
Godin-Bouguer-Juan-Ulloa-La Condamine	Portobelo	15	9 33 56	40,3
Juan-Ulloa-Godin-Bouguer-La Condamine	Cartagena	8	10 26 2	43,34

Distintos observadores, en lugares diferentes y tras varias series de observaciones, encontraban resultados cuyo error medio, de unos 30", era tan grande que toda la misión americana estaba amenazada de fracasar estrepitosamente¹⁷. Se imponía, pues, reconstruir el instrumento¹⁸.

17 Terminada la fase geodésica de la misión, los académicos se dividieron en dos grupos para la determinar la latitud de los dos extremos del meridiano triangulado: Godin, Juan y Ulloa hicieron sus observaciones en Mira y Cuenca (3° 27'), mientras que Bouguer y La Condamine eligieron Tarqui y Cochesqui (3° 7'). Cada grupo realizó sus trabajos entre finales de 1739 y los primeros meses de 1740. Todo el programa de observaciones parecía terminado, cuando Godin, en abril de 1740, apreció graves divergencias en sus medidas y se decide a recomenzarlas. A partir de entonces, entre muchas dudas y nuevas disputas internas, se iniciarán observaciones de verificación que se prolongarán hasta los meses centrales de 1742, fecha a partir de la cual se procederá a la definitiva determinación de la amplitud del arco de meridiano. En fin, cuatro años para determinar la latitud de dos puntos es una cantidad de tiempo excesiva que sólo puede justificarse tomando en consideración la enorme cantidad de dificultades a las que tuvieron que hacer frente los expedicionarios. Los detalles son analizados en Lafuente y Delgado, *La geometrización...*, págs. 209ss.

18 En efecto, el sector de 12 pies de radio, tras escarpados y constantes desplazamientos, había sufrido graves deterioros. Así lo reconoció Bouguer en una memoria que quedaría manuscrita: "Desde que he reflexionado, juzgo que el antejo del sector que nos sirvió para las observaciones de la oblicuidad de la eclíptica estaba desviado del plano del instrumento en más de 10 o 12 minutos... Estábamos por tanto equivocados en casi un minuto en la distancia de e-Orión al cenit... Por otra parte, no podía cerrar los ojos y disimular la desviación del limbo respecto al plano del meridiano que por las observaciones precedentes sobre el Sol conocía aproximadamente". Cf. P. Bouguer, *Remarques historiques et critiques sur les observations faites au Pérou de la distance de l'étoile d'Orion au zenith*, Archives de l'Observatoire de París, ms. C-2-7, Fº. 4°.

Sin duda, este es uno de los momentos más comprometidos de la expedición; si su experiencia como observadores no era muy grande, ahora tendrían que enfrentarse a un conjunto de problemas que ni los mismos artesanos europeos resolvían satisfactoriamente; es preciso reconocer a nuestros expedicionarios una tenacidad y audacia fuera de toda sospecha.

No sólo los problemas técnicos a resolver eran de una complejidad extraordinaria, sino que además la propia empresa implicaba aceptar un retraso muy importante en sus operaciones. Pero ¿acaso les quedaba otra alternativa? La idea de regresar precipitadamente a París era impensable. Se imponía, pues, reconstruir el instrumento.

Como se observaban estrellas próximas al cenit para así disminuir la influencia de la refracción astronómica, era posible aumentar considerablemente el radio del nuevo sector y lograr, con un limbo más corto, una sensibilidad y precisión mucho mayor. Este instrumento de pasos tenía ventajas indudables, pero su construcción, al ser más grande y pesado, planteaba graves dificultades a la hora de asegurar la rigidez y estabilidad del conjunto. Se trataba de un tema fundamental, como lo prueban la proliferación de detalles técnicos y mecánicos que incluyen los académicos en su descripción. El segundo conjunto de problemas se relaciona con la instalación correcta del instrumento, asegurando su verticalidad y paralelismo con el meridiano, y el del anteojo con el plano del limbo. Obviamente, la calidad de las observaciones dependía del éxito en estas operaciones.

Suponiéndolos bien resueltos, aparecían a continuación un nuevo cúmulo de dificultades a las que también tuvieron que prestar atención: ¿en presencia de grandes masas montañosas, sufría la plomada una desviación, debido al principio de gravedad newtoniano, cuyos efectos fuesen apreciables? ¿habría una paralaje reticular debida a la posición del ojo en el anteojo, o a la necesaria iluminación del ocular en la observación nocturna o, causada por los defectos de visión del ojo de cada observador? ¿cómo asegurar un buen grabado de las divisiones del limbo?... En fin, retengamos para su comentario, esta última cuestión, en donde la solución hallada fue tan original, como precisos los resultados que les permitió encontrar.

Puesto que iban a medir la altura al cenit de estrellas cuyo valor se conocía aproximadamente, no era necesario grabar en el limbo todas las divisiones menores que la amplitud angular buscada. La idea era simplificar al máximo la operación de grabado y evitar así la introducción de nuevas fuentes de error. Bastaba con marcar sobre el limbo los dos puntos extremos sobre los que se sabía que caería aproximadamente la plomada y completar posteriormente la observación mediante el uso del micrómetro. Así pues la reducción a términos geométricos del problema, que básicamente consistía en dividir una regla y trasladar una de sus partes, simplificaba la operación mejorando sensiblemente la precisión. Sin embargo, las observaciones de comprobación realizadas, manifestaban una dispersión que oscilaba entre los 20 y 30 segundos.

Era un margen de error excesivo que obligaba a nuevas verificaciones y rectificaciones del instrumento. Llegaron a efectuar tan exquisitos arreglos y a reconsiderar tantos pequeños detalles, que la terquedad con que reaparecían nuevas dispersiones, fue atribuida a la existencia de un movimiento propio de las estrellas¹⁹. Se trataba, obviamente, de un descubrimiento de grandes repercusiones teóricas y prácticas, y muy amplias resonancias cosmológicas y filosóficas. Parecía que por fin se encontraban en los umbrales de su paso a la historia; el diseño de un programa sistemático de observación tendente a encontrar una ley estable de variación, era una cuestión tan excitante, como necesaria para poder concluir las observaciones. Las cifras que inicialmente barajaban hacían plausible hasta una variación próxima al minuto; de confirmarse sus sospechas, el descubrimiento los catapultaría hacia la gloria.

Las observaciones que efectuaban, sin embargo, aunque aproximaban entre sí los resultados, no lograron vencer una dispersión irreductible. A pesar del gran esfuerzo desplegado, La Condamine tenía que reconocer ante Bouguer en 1741 que todo había sido un espejismo causado por la incidencia de permanentes errores personales de observación²⁰. Las estrellas estaban fijadas y el sueño de gloria se desvanecía. Las determinaciones que hasta entonces se habían hecho en Quito de la distancia de ϵ -Orionis al cenit, seguían no obstante manifestando un amplio margen de error.

Pero si todo eran errores personales ¿qué garantía tenían ahora los expedicionarios de poder concluir el valor de un grado? Con esta inquietud volvían a comenzar unas observaciones que finalmente les condujeron a un valor cuyo error medio hoy podemos evaluar en torno al 0,04% y que en términos absolutos suponía una oscilación de 22 toesas aproximadamente.

Pero detengámonos en la evaluación cuantitativa de las consecuencias de este esfuerzo expedicionario promovido por la Académie des Sciences para resolver la cuestión planteada sobre la figura de la Tierra. Los dos cuadros siguientes permiten comparar los resultados obtenidos por los distintos expedicionarios y deducir los valores posibles para el achatamiento polar:

19 Juan y Ulloa se hicieron eco de tales expectativas en sus escritos (*Observaciones...*, págs. 271-2): "...salió tan adecuado, exacto, firme y tan fácil su manejo, que nos hizo notar movimiento extraño en las Estrellas... Dimos aviso de este descubrimiento a MM. Bouguer, y La Condamine, quienes dudaron de ello, queriendo atribuir algún defecto a nuestro Instrumento, quedaron satisfechos por varias observaciones, que repitieron con anteojos fijados en la Pared, donde se notó sensiblemente el movimiento de ϵ -Orión".

20 Con toda humildad se lo reconocía La Condamine a Bouguer en carta (Quito, 3.VIII.1741): "Estoy tentado de atribuir a mis errores la mayor parte de los errores", Bibliothèque National (París), *Nouvelles acquisitions françaises*, ms. 6197, F. 17.

Comparación entre ejes	Triangulación	Péndulo
Ecuador (Quito)-Laponia (Pello)	212/213	178/180
Ecuador (Quito)-Francia (París)	313/314	169/170
Francia (París)-Laponia (Pello)	127/128	...
Quito-Portobelo	...	131/132

La oscilación, ya sea comparando valores de grados o longitudes del péndulo horario, era importante y no podía dejar cerrado definitivamente el tema. Persistía una incertidumbre sobre el achatamiento polar de nuestro planeta, que exigía alguna justificación por parte de los expedicionarios. El estrecho margen de oscilación predicho por la teoría era desbordado por unos resultados experimentales, que si bien daban la razón a Newton, no permitían una conclusión numérica inequívoca²¹.

Ninguno de los implicados, sin embargo, pensó en el fracaso. Pero como siempre es difícil explicar, a quienes no son iniciados, cómo reconstruir el desajuste entre objetivos a cubrir y logros alcanzados en la forma de un éxito, tuvo que intervenir Voltaire, propagandista de esta gesta newtoniana en Francia, para justificarla: "La misión del Perú [escribió en 1745] por el vasto programa de observaciones que tuvo el doble mérito de inaugurar y de realizar es un modelo para todas las expediciones científicas que vinieron después. Aparentemente nuestros académicos no agregaron a la ciencia del cielo mas que algunas cifras, pero el alcance de sus trabajos fue realmente más amplio y el impulso que dieron a los estudios de observaciones más duradero de lo que se cree comúnmente"²². Y, en efecto, todos quisieron ver la expedición como el comienzo de algo nuevo, antes que como el final de un debate.

Los resultados no fueron conclusivos, pero la ciencia salía triunfante. Nadie expresó mejor que Boscovich la satisfacción del consenso y la euforia ante el futuro: "Estoy convencido de que la empresa orientada a la determinación de la magnitud y la figura de la

21 Con toda claridad y modestia lo reconocía La Condamine: "¿Pero cuál es la medida del aplastamiento y en qué relación crecen los grados de latitud al aproximarse a los Polos? Esto es lo que aún ignoramos y lo que, tal vez, no es posible conocer; al menos sin disponer de un número mucho mayor de grados medidos". Cf., La Condamine, *Extrait des operations Trigonometriques, et des observations Astromiques, faites pour la mesure des degrés du Meridien aux environs de l'Equateur, Memoires de l'Académie royale des Sciences* (1746), pág. 637

22 El texto procede de una carta de Voltaire (Versailles, 7.I.1745) citada por Loidan, V. J.: *Voyages des astronomes françaises à la recherche de la figure de la Terre et de ses dimensions*, Lille, 1980. Ver, Lafuente y Mazuecos, *Los caballeros...*, pág. 191.

Tierra, lejos de haber acabado, apenas si comenzó... Hasta ahora cuanto más grados hemos medido, mayor es la incertidumbre"²³.

Veamos, ya para terminar, algunas de las soluciones propuestas a este conflicto entre teoría y experimento; Bouguer propuso para la elipse terráquea de revolución una figura que escrupulosamente se ajustase a los datos concretos aportados, aunque hubiera que abandonar prestigiosas previsiones teóricas; sus meridianos, antes que elipses imaginadas, en donde la atracción aumentaba desde el ecuador al polo como el cuadrado de la latitud, formarían una curva que denominará *gravicentrique*, y cuya justificación requería incluir un término corrector de cuarto grado en la ley newtoniana de atracción universal²⁴. Así, el último cartesiano vivo y prestigioso, aceptaba la figura para la Tierra de un inglés a cambio de una rectificación en sus presupuestos teóricos. La apuesta inductivista que ello suponía, respaldada por las críticas que Clairaut y Buffon —cada uno con sus propios argumentos—, todavía resulta conmovedora y abría una brecha imponente en el edificio de la ciencia de la Ilustración.

La Condamine o Boscovich recomendarían la necesidad de comenzar un programa de observaciones geofísicas que cuestionase el supuesto teórico de la homogeneidad en la distribución de masas interior del planeta. Otra alternativa que nuevamente socavaba profundas y arraigadas convicciones académicas y que, como sucedía en el caso anterior, abría la puerta a las más variadas especulaciones y a nuevos campos de investigación.

Juan y Ulloa reconocerían la imposibilidad de la astronomía práctica para proporcionar datos suficientemente precisos, atribuyendo a los instrumentos la dispersión de resultados. Al cuestionar el propio método de trabajo experimental, dejaba en suspenso una década de observaciones geodésicas; sin embargo, el relativismo a que se daba pie, era para él una amenaza menor que la de arriesgar el crédito a la obra de Newton. Con mucha claridad expuso esta crítica a Bouguer: "Quieren algunos que no sea exacta la suposición de que la curva por cuya revolución se produce la Esferoide de la Tierra sea una elipse; y van a buscar otra en la cual convengan todos los grados medidos [...] Pero muy lejos de creer yo que las disparidades que se hallan en los excesos de los grados procedan de la suposición hecha de que la curva sea una elipse, discurro no nacen mas que del corto yerro que indispensablemente se debe cometer en las medidas"²⁵. Así, los

23 Boscovich, R. J.: *Voyage astronomique et géographique dans l'Etat de l'Eglise...*, París, 1770, págs. 491-2. El original de la obra citada fue primero publicada en latín con el título "De litteraria expeditione...", (Roma, 1755). Ver Marković, Z.: "R.J. Boscović et la théorie de la figure de la Terre", *Conférence donné au Palais de la Découverte* (5.IX.1960), París, 1960.

24 Literalmente, los grados, según proponía Bouguer, "...son aproximadamente como el seno elevado a la potencia 3^{ma} pero, sin duda, para facilitar los cálculos y a fin de que sea Geométrica la gravicentrique, así como la línea curva que forma el Meridiano, se puede confundir esta potencia fraccionaria con la perfecta, en la que 4 es el exponente". Cf. Bouguer, P.: *La figure de la Terre*, París, 1749, págs. 290-1. Para ver algunas de las reacciones a esta propuesta, ver Lafuente y Mazuecos, *Los caballeros...*, págs. 190ss.

25 Juan, J. y Ulloa, A.: *Observaciones astronómicas, y físicas...*, Madrid, 1748, pág. 312.

yerros de unos (los geodestas) garantizaban los aciertos de otros (los atraccionistas, en la terminología de la época) y el edificio entero ganaba en verosimilitud.

Euler, compartiendo esta última tesis y situando cualquier posibilidad de certeza en los principios teóricos newtonianos, no se tomó grandes molestias en la evaluación de los resultados y se limitó a calcular, tomando por seguro el valor del aplanamiento publicado en los *Principia*, los errores finales cometidos por los expedicionarios²⁶. Era una actitud parecida a la sostenida por Jorge Juan, aunque por ser menos abierta arrojaba dudas sobre el rigor de la empresa expedicionaria inaugurada en Francia tres décadas antes.

Y para terminar un último comentario: aunque suene a muy moderna la tesis sostenida por algunos postpositivistas sobre la infradeterminación empírica de las teorías, vemos, por los textos citados, que ya habitaba entre los hombres de ciencia del setecientos como una realidad ineludible, aunque superable por el consenso. Resulta así que estamos ante una comunidad de astrónomos, matemáticos y físicos mucho menos cientifista de como la siguen presentando aún algunos estudios sobre el pasado de la ciencia. Fue Voltaire quien teatralizó la polémica sobre la figura de la Tierra como la pugna de la sandía de Newton contra el melón cartesiano. La imagen, como la otra de una prodigiosa manzana que reveló a Newton la existencia de la gravedad y que también fue un invento volteriano, fue decisiva en la historia que hemos contado. Me pregunto si la figura de la Tierra, como problema científico, hubiera dado para tanto de no ser por estos alardes retóricos que quisieron y lograron enfrentar a dos cosmovisiones, a dos comunidades científicas nacionales, al método experimental contra la mecánica celeste y, desde luego, arrastrar a varias monarquías a gastos colosales para discernir una discrepancia sin ninguna repercusión práctica²⁷.

26 Un balance de las diferentes soluciones, puede encontrarse en Delambre, J. B. J.: *Histoire de l'Astronomie au dix-huitième siècle*, París, 1827, págs. 362ss. También se discuten las distintas alternativas en Bosovich, *Voyage...*, págs. 484 ss.

27 Voltaire que había sido atento seguidor de todos los avatares de la polémica sobre la figura de la Tierra y protagonista en el proceso de introducción del newtonismo en Francia, dio a estas o parecidas preguntas una respuesta, plena de sangrante ironía, en el capítulo XLIII de su *Siècle de Louis XV*, "... Los viajes al extremo del mundo para confirmar una verdad que Newton había demostrado en su gabinete han dejado dudas sobre la exactitud de las medidas".

EL SEVILLANO ANTONIO DE ULLOA Y EL REINO DE QUITO

LUIS J. RAMOS GÓMEZ
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE

La selección del reino de Quito

En el inicio de los años treinta del siglo XVIII parecía fuera de toda duda que la única manera que había para resolver de una vez por todas el problema de la forma de la Tierra era la de comparar dos grados de latitudes distintas o uno de latitud con otro de longitud medidos en espacios contiguos. La preocupación que la Academia de las Ciencias de París tenía por este tema fue la causa

* BIBLIOGRAFIA CITADA

- CONDAMINE, CHARLES MARIE DE LA
1745 *Extracto del diario ...* (vid. 1986a); 1745a *Relation abrégée ...* (vid. 1962a).
1751 *Journal du voyage ...* (vid. 1986).
1962 *Viaje a la América Meridional*. Vol. 268 de la Colección Austral, Espasa-Calpe. Madrid; 1962a "Relación abreviada de un viaje hecho por el interior de la América Meridional" (Traducción de la editada en París en 1745) (Vid. Condamine 1962).
1986 *Diario del viaje al Ecuador. Introducción histórica a la medición de los tres primeros grados del meridiano*. (Traducción de la editada en París en 1751). Editado por la Coordinación general del Coloquio Ecuador 1986. Quito (Ecuador); 1986a *Extracto del Diario de observaciones hechas en el viaje de la provincia de Quito ... [a] Amsterdam*. (Edición facsimilar de la editada en Amsterdam en 1745, aunque incompleta). Banco Central de Ecuador, Quito (Ecuador).
- JUAN, JORGE Y ANTONIO DE ULLOA
1748 (vid. 1978).
1749 (vid. 1972).
1972 *Disertación histórica y geográfica sobre el Meridiano de Demarcación*. (Edición facsimilar de la obra editada en 1749, con prólogo de Julio Guillén). Instituto Histórico de la Marina, Madrid.
1978 *Relación Histórica del Viaje a la América Meridional y Observaciones astronómicas y físicas hechas en los reinos del Perú* (Edición facsimilar de la editada en 1748, con estudio introductorio de Merino Navarro y Rodríguez San Vicente). 3 vols. Fundación Universitaria Española. Madrid.
1985 *Noticias Secretas de América*. Edición de Luis J. Ramos Gómez. CSIC. Madrid. (Vid. Ramos Gómez, 1985).
- LAFUENTE, ANTONIO
1983 "Una ciencia para el Estado: la expedición geodésica hispanofrancesa al virreinato del Perú (1734-43)". *Revista de Indias*, vol. XLIII, n.º 172, CSIC, Madrid.