

# REVISTA MATEMATICA HISPANO-AMERICANA

Número extraordinario dedicado

a

“Jorge Juan”



1773-1973

INSTITUTO JORGE JUAN DE MATEMATICAS DEL C. S. I. C.  
REAL SOCIEDAD MATEMATICA ESPAÑOLA  
MADRID - 1973

# REVISTA MATEMATICA HISPANO-AMERICANA

Número extraordinario dedicado

a

“Jorge Juan”



1773-1973

INSTITUTO JORGE JUAN DE MATEMATICAS DEL C. S. I. C.  
REAL SOCIEDAD MATEMATICA ESPAÑOLA  
MADRID - 1973

REVISTA

MATEMÁTICA

HISPANO-AMERICANA

Número extraordinario dedicado

Jorge Juan



Depósito Legal: M. 718 1958

TALLERES GRAFICOS VDA. DE C. BERMEJO. — J. GARCIA MORATO, 122. — MADRID

«JORGE JUAN»

1773-1973

*El Instituto «Jorge Juan» de Matemáticas del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, dedica a su Titular este número extraordinario de su Revista, como recuerdo en el segundo centenario de su muerte.*

---

*A este homenaje se une la Real Sociedad Matemática Española, que ya en 1913 le dedicó un recuerdo con motivo del segundo centenario de su natalicio.*

---

## **DON JORGE JUAN Y SANTACILIA**

Nació en Novelda en 1713

Murió en Madrid en 1773

Comendador en la Orden de Malta,

Capitán de Caballeros Guardias Marinas,

Jefe de Escuadra de la Real Armada,

Del Real Consejo de Comercio y Moneda,

Embajador de Carlos III en la corte de Marruecos,

Director del Real Seminario de Nobles.

\* \* \*

Comisionado para la medición en el Perú de un arco de meridiano.

Miembro de la Real Sociedad de Londres y de la Real Academia  
de Ciencias de Berlín,

Correspondiente de la de París,

Consiliario de la de San Fernando

\* \* \*

Autor de las obras:

«Observaciones astronómicas y físicas»,

«Compendio de navegación»,

«Examen marítimo».

## CONGRESO INTERNACIONAL DE MATEMATICAS

El Instituto «Jorge Juan» de Matemáticas, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, con motivo del bicentenario de la muerte de Jorge Juan, titular del mismo, celebró un Congreso en Madrid, teniendo por sede los locales del Consejo.

El Congreso se ha desarrollado durante los días 24 al 28 de abril del corriente año, uniendo sus sesiones de trabajo con las de Jornadas Matemáticas Hispano-Lusitanas celebradas en los mismos días.

La sesión inaugural se celebró en el Salón de Actos del Consejo, y fue presidida por el Excmo. Sr. Vicerrector de la Universidad Complutense, Prof. Torroja, a quien acompañaba el Presidente del Congreso Prof. Abellanas, el Presidente español de las Jornadas Prof. Ancochea, el Presidente portugués de las mismas Prof. Almeida, el Vicepresidente portugués Prof. Dias Agudo, el Secretario General Prof. García Rúa y el Vicesecretario portugués Prof. Silva Lobo.

Después de unas palabras de salutación y bienvenida de los Presidentes del Congreso y Jornadas, el Prof. Torroja dio lectura a su conferencia sobre «La obra científica de Jorge Juan», y una vez terminada ésta, dio por inaugurado el Congreso.

A continuación, en los locales contiguos al Salón de Actos, y mientras se servía un vino español, se inauguró una extensa exposición bibliográfica de matemáticas.

Durante los días del Congreso, pronunció otra conferencia el Dr. Ingeniero Geógrafo D. Francisco Vázquez Maure, sobre «Jorge Juan y la cartografía española en el siglo XVIII».

Las sesiones de trabajo, varias conferencias sobre temas específicos de Matemáticas y diversos actos tanto de tipo cultural como generales, se desarrollaron unidos a los de las Jornadas.

La Sesión de Clausura se celebró el día 28 en el Salón de Actos del Consejo y fue presidida por el P. Romañá, figurando además en la presidencia el Prof. Gamboa como representante del Consejo.

Publicamos en este número extraordinario las dos conferencias específicas sobre Jorge Juan, pronunciadas en este Congreso.

Entre los fotograbados que figuran en él, los dos últimos corresponden a un trabajo publicado en estas páginas en los comienzos de esta Revista, por el eminente Prof. D. Eduardo León y Ortiz, Catedrático que fue de Astronomía y Geodesia, en la Universidad Central, con motivo del 2.º Centenario del nacimiento de Jorge Juan.



D. Jorge Juan, ilustre marino, profundo matemático, cuyas obras le dieron el renombre de «Sabio Español», y serán eternos monumentos de su memoria. Nació en Novelda en 1713, murió en Madrid en 1773.

## LA OBRA CIENTIFICA DE JORGE JUAN

por

JOSE M.<sup>a</sup> TORROJA

Debo agradecer a la Real Sociedad Matemática Española y al Instituto «Jorge Juan», del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, el haberme encargado de pronunciar estas palabras en esta sesión inaugural de las Jornadas Matemáticas Hispano-Lusitanas de 1973.

Por celebrarse en este año el segundo aniversario del fallecimiento de Jorge Juan, cuyo nombre lleva el Instituto de Matemáticas del C. S. I. C., la Dirección de dicho Instituto y de la citada Real Sociedad han tenido el buen acuerdo de rendir en esta ocasión un homenaje al que en su tiempo se le llamó, dentro y fuera de nuestra Patria, el Sabio Español.

Ya en 1941 publiqué una corta biografía de Jorge Juan en la REVISTA MATEMÁTICA HISPANO-AMERICANA, publicada conjuntamente por los dos organismos antes citados. Hoy vuelvo a ocuparme de su obra en esta memorable ocasión.

\* \* \*

Poco tiempo después del fallecimiento de Jorge Juan aparecieron dos notas biográficas debidas una al que fue su secretario, D. Miguel Sanz (1) y la segunda a otro de sus colaboradores, D. Benito Bails (2). Ambas me han servido para redactar estas líneas.

---

(1) Breve Noticia De la Vida del Excmo. Sr. D. Jorge Juan y Santacilia, reducida á los hechos de sus Comisiones, Obras y Virtudes, que, á instancia de sus Apasionados, presenta al Público su Secretario D. Miguel Sanz, Oficial segundo de la Contaduría principal de Marina.

(2) Elogio a D. Jorge Juan.

Jorge Juan nació en Novelda (Alicante) el 5 de enero de 1713.

A los tres años, muerto su padre, se trasladó con su madre a Elche, iniciando sus estudios en el Colegio de la Compañía, en Alicante, que siguió en Zaragoza bajo la tutela de su tío, el Caballero de la Orden de Malta, D. Cipriano Juan, quien al cumplir Jorge los doce años lo envió a la isla de Malta como paje del Gran Maestre, D. Antonio Manuel de Villena, viéndose convertido a los catorce años en Comendador de la citada Orden.

En 1729 regresa a España con el deseo de iniciar sus estudios en Cádiz como Guardia Marina. En 1730, aún como Guardia Marina, tomó parte en las campañas de Italia y Orán, en las que se distinguió por su arrojo y competencia en el arte de navegar.

En 1734 vuelve a Cádiz para terminar sus estudios y cuando aún no había recibido el empleo de alférez de fragata fue designado para una misión que había de ser decisiva para el resto de su vida.

En efecto, en aquellos días, el Rey Luix XIV solicitaba autorización de Felipe V para enviar al Perú una misión designada por la Academia de Ciencias de París para proceder a la medida de un arco de meridiano que, unida a la de otra misión análoga enviada a Laponia, pusiera fin a la disputa sobre la forma de la Tierra, sostenida entre los seguidores de Newton que suponía nuestro planeta achatado por los polos, y los de Cassini que suponía lo contrario como consecuencia de las medidas que él había realizado.

El Rey Felipe V dispuso que se designaran con este fin a «dos de sus más hábiles oficiales, que acompañasen y ayudasen a los Académicos franceses en todas las operaciones de la medida..., que pudiesen suplir la falta de cualquier Académico, o de todos..., y aun hacer enteramente ellos solos en caso necesario la medida proyectada», y los designados fueron Jorge Juan y Antonio de Ulloa, también Guardia Marina.

El 9 de julio de 1735 llegó Jorge Juan a Cartagena de Indias, teniendo que esperar hasta el 15 de noviembre a los franceses Godin, Bouguer y La Condamine, enviados por la Academia de París. Juntos se trasladaron a Quito para iniciar las observaciones que habían de durar nueve años.

Terminadas en 1744, volvió a España, pasando antes por París, donde la Academia de Ciencias le nombró Académico correspondiente.

Vuelto a España, tras una breve estancia en Londres, fue ascendido a Capitán de Navío.

En 1749 se imprimió su «Disertacion Historica Geographica sobre

el Meridiano de Demarcacion entre los dominios de España y Portugal y los parages por donde pasa en la América Meridional, conforme á los Tratados y Derechos de cada Estado y á las mas seguras y modernas observaciones», en que trata del espinoso problema de límites entre los dos países.

En 1750 recibió de S. M. el encargo del estudio del «arreglo de la Construcción de los Navíos y demás Fábricas de este ramo, igualmente que el Proyecto de dirección de los Arsenales y sus obras» así como de una misión a la sierra de Alcaraz «a reconocer si podrían traerse con utilidad suficientes aguas para regar los Campos de Lorca, Totana y Plan».

«Pasó también a principios del 51 a Almadén, a cuyas Minas dio ventilaciones, y con ellas el beneficio de desterrar los perjuicios dañosos que los mismos vapores causaban a la salud humana.»

«Mandóle igualmente á mediados del mismo año pasar al Ferrol á enterarse de las dificultades y competencias que había sobre el establecimiento del Arsenal: y hallandose en el de la Graña haciendo pruebas de las resistencias de las Jarcias, una se rompió, cuyo estrechón le maltrató cuerpo y cabeza, le arrojó desde el Muelle al Mar, sobre cuyas Rocas se habría hecho pedazos, si por fortuna no hubiese sido en hora que las cubría la Marea: con que se logró cogerle nadando y curarle, despues de muchos dias de cuidado. Allí recibió la satisfactoria noticia de que S. M. se había dignado nombrarle Capitán de la Real Compañía de Guardias-Marinas.»

«Para mejor determinar el más ventajoso método de Construcciones que debiera seguirse en todos los Reales Astilleros, de orden de S. M. congregó en Madrid á principios del año de 52 todos los Constructores, con quienes por espacio de nueve meses de continuas tareas, trabajó y arregló quanto requeria asunto tan delicado y principal.»

En 1754 crea en Cádiz un Observatorio Astronómico con el fin de mejorar la preparación de los Guardias-Marinas, para la resolución de, no sólo de los problemas que habrían de presentárseles en la navegación, sino otros a los que pudiera tener que hacer frente, como a él mismo le había ocurrido en la medida del arco de meridiano.

El diario de Madrid «Efemérides de España» en sus números de 18 y 19 de mayo de 1804 publicó una información con el título «Noticia de la Asamblea Literaria de Cádiz» que dice así:

«El Sabio D. Jorge Juan, como tan amante de la ilustración de la nación, hallándose en Cádiz a principios del año de 1755, de capitán de

la Real compañía de Guardias marinas, estableció en su posada, bajo su dirección, una Asamblea literaria que duró algunos años, en que se ventilaban en cada jueves varios puntos de matemáticas, física, geografía, historia y antigüedades, examinándose las disertaciones que cada individuo presentaba, hasta quedar correctas y aprobadas, con la idea de que sirviese de ensayo para una Academia de Ciencias que entonces se trataba de formar en Madrid.»

El mismo director Jorge Juan, fue de los que más trabajaron en dicha Asamblea, presentando los siguientes estudios:

1. Nueva Balística o teórica de arrojar las bombas.
2. Construcción de las equaciones de tercer grado geométricamente.
3. Método de deducir la longitud en los problemas de navegación.
4. Sobre el cálculo que practican los pilotos para hallar la longitud.
5. De un accidente nuevamente descubierto, que falsifica los niveles de líquidos.
6. Método astronómico de rectificar los instrumentos de pasajes.
7. Extracto de una carta... del Capitán de fragata D. Josef Solano sobre observaciones de latitud y longitud.
8. Sobre una rueda, que su inventor pretende moverse continuamente.
9. Sobre el ángulo que debe formar el timón de la nave con la quilla y las dimensiones de éste.
10. Plan de ordenanzas para la Sociedad Real de Ciencias, proyectada en Madrid.

Redactó además un estudio sobre el «Estado actual de la Astronomía en Europa» que es un resumen de los conocimientos de su tiempo en esta rama de la Ciencia, y un «Método de levantar y dirigir el mapa de España», que era un proyecto que, aunque no llegó a realizarse, tantos elogios mereció.

Tras breves estancias en El Ferrol, Santander, Madrid y Cartagena, volvió a Cádiz, donde publicó en 1757 un notable «Compendio de Navegación para el uso de los Caballeros Guardias Marinas».

Nuevas misiones le llevan a Almadén a fines de 1757 con ocasión de un incendio declarado en las minas hacía ya dieciséis meses; a Cartagena, en abril del 58 para reparar los diques; a las minas de plomo de Linares que debía inspeccionar; y más y más viajes a Cádiz, a Almadén, a Cartagena, a El Ferrol...

Estando en esta última ciudad fue «atacado por dos veces de un reo y tenáz cólico-vilioso-convulsivo de nervios que le puso cerca del extremo de morir, dexándole el segundo la reliquia de una parálisis en las manos, de que nunca acabó de mejorar».

Con objeto de atender a su salud, salió el 16 de junio de 1762 para los baños de Busot, cerca de Alicante, donde permaneció hasta el 20 de febrero del año siguiente, en que hubo de trasladarse de nuevo a Madrid desde donde fue urgentemente llamado a causa de la pérdida de La Habana.

Nuevos viajes a Almadén, Cartagena y Cádiz, hasta que en noviembre de 1766 fue nombrado embajador en la Corte de Marruecos «a cuyo Monarca enviaba el nuestro diferentes regalos dignos de la magnificencia de ambos Soberanos, que debía conducir Don Jorge Juan con el piadoso presente de 285 Esclavos Moros y Turcos de Argel». Regresó a Madrid cumplida aquella misión que le había encomendado el Rey «consiguiéndole de aquel Emperador aun mas ventajas que las que por instruccion se le prescribían».

Por fin en 1771 pudo ver impreso en Madrid, la obra de la que había presentado las primicias en la Asamblea Amistosa Literaria de Cádiz, el «Examen Marítimo» que tantas alabanzas había de merecer.

La última misión que recibió Jorge Juan fue la organización y preparación de los planes de estudio del Real Seminario de Nobles de Madrid, cuando su salud era ya muy débil, falleciendo en efecto el 21 de junio de 1773, tributándosele en los funerales los honores que como Embajador de S. M. le correspondían.

Estas breves notas nos dan una idea de la fabulosa actividad de Jorge Juan en tan dispares campos de la ciencia y de la técnica.

Pero ¿qué debe realmente la Ciencia a Jorge Juan? No fue mala la opinión que sobre él tuvieron los científicos de su tiempo como lo demuestra el hecho de que fuera honrado con el nombramiento de miembro de la Royal Society de Londres y de las Academias de Ciencias de Berlín, París y Estocolmo.

Don José Echegaray, en su discurso de ingreso en la Real Academia de Ciencias, en el que tan mal parados quedan nuestros matemáticos de todos los tiempos, dice: «Cierto es, Señores, que en las Ciencias aplicadas, en las que como la mecánica, la astronomía, la geodesia, la navegación, son las matemáticas puras auxiliar poderosísimo, y tanto que hasta se designan aquéllas con el nombre de matemáticas aplicadas mixtas, hay dos nombres ilustres y de reputación europea que yo debo re-

cordar hoy, siquiera por dar un rayo de luz a cuadro tan sombrío: som éstos D. Antonio de Ulloa y el insigne D. Jorge Juan». Dentro del pesimismo de Echegaray, este «rayo de luz» en «cuadro tan sombrío» como él nos pinta, dice mucho, muchísimo, en favor de nuestro biografiado.

Dada la variada e intensa actividad de Jorge Juan, vamos a limitarnos a dos puntos que aquí consideramos de mayor interés: su intervención en la medida del arco de meridiano y su «Examen Marítimo».

\* \* \*

#### LA MEDIDA DEL ARCO DE MERIDIANO

Fue con ocasión de la medida del arco de meridiano en el Perú cuando Jorge Juan se dio a conocer en el mundo de la Ciencia.

Los resultados de la aportación española a esta gran empresa fueron reflejados en dos obras: «Relación histórica del viaje a la América meridional hecho de orden de S. M. en el Reyno del Perú» (Madrid, Marín, 1748) y «Observaciones astronómicas y físicas hechas de orden de S. M. en el Perú» (Madrid, Zúñiga, 1748). La primera fue reeditada posteriormente en Amsterdam, 1752; París, 1752; Londres, 1758; Dublín, 1758; Londres, 1760; Dublín, 1762; Londres, 1772 y Amsterdam, 1772 y la segunda en Madrid, en 1773.

En la última de las obras citadas describe Jorge Juan la operación patrocinada por la Academia francesa, pero no se limita a dar los resultados de las observaciones, sino que empieza justificando la operación con una serie de razones teóricas e históricas. Veamos lo que, en efecto, dice Jorge Juan en el prólogo de su obra.

Se refiere a las diversas medidas de arco efectuadas para determinar el valor de un grado de meridiano, de cuya comparación debería deducirse cuál era realmente la forma de la Tierra.

La primera medida que cita, prescindiendo de las antiguas efectuadas desde tiempos de Hiparco, es la de Wilebrordo Snellio, que midió la distancia entre Alcaer y Bergopzom, cuya diferencia de latitudes halló ser de un grado y once minutos y medio, determinando que el grado terrestre equivalía a 28500 pértigas del Rhin, ó 55021 toesas del Pie de Rey de París. Esta medida fue repetida posteriormente por Muschenbroch obteniendo para el valor del grado 57033 toesas, O pies y 8 pulgadas de París.

Por la misma época el P. Grimaldi midió otro arco en Bolonia en-

contrando como valor del grado terrestre 62650 toesas de Pie de Rey de París.

La diferencia entre los valores obtenidos por Snellio y Grimaldi era de 7629 toesas por grado, demasiado grande, por lo que la Academia de Ciencias de París, recién creada, tuvo como uno de sus principales objetivos el examen de esta cuestión. Para este fin, Luis XIV encargó a M. Picard, uno de los Académicos, la medida de un nuevo arco de meridiano, ordenándole, que «sin perdonar trabajo ni costa alguna executasse con quanta delicadeza fuesse possible la medida deseada».

Lo hizo Picard «midiendo geoméricamente las distancias entre París, Molvoesine, Sourdon y Amiens, que determinò asimismo astronómicamente con no menos sutileza y hallò por ellos el grado terrestre de 57060 toesas».

«Todo el Mundo hasta entonces havia creído, y creia, que el Globo terraqueo era perfectamente esphérico, excepto las desigualdades de los Montes, de ninguna consideracion en tanta magnitud; à nadie hasta entonces se havia ofrecido, que la figura de la Tierra dexasse de ser una redondissima bola, y por consiguiente, en esta suposicion, se creyò que M. Picard havia yà decidido la question del valor de cada grado, pues no se dudaba que fuessen del todo iguales los 360, en que se divide la Circunferencia de la Tierra y que cada uno tuviesse la misma longitud de 57060 toesas, que havia hallado M. Picard en los que midiò.»

«Pero como yà el día de hoy los Philosophos y los Mathematicos, sacudida la antigua servidumbre, lexos de seguir ciegamente las sentencias de los mayores, las desamparan sin dificultad, siempre que las experiencias bien justificadas persuaden à lo contrario, no tardò mucho tiempo en dexar de ser tenida por concluyente para toda la Circunferencia la determinacion de M. Picard; porque no tardò en dudarse si la Tierra era, ò no perfectamente esphérica, y bien presto se decidiò, que ciertamente no lo era, aunque se dudò por mucho tiempo de su verdadera figura, divididos los Philosophos en distintas, y contrarias opiniones. Dos experiencias, sobre que se formaban muy diversas reflexiones, fueron el fundamento de la division. Una fuè el hallazgo de la diversa gravedad en los Pendulos, y otra la medida de los grados en todo el Meridiano, que atraviessa la Francia, hechas por M. M. Cassini Padre, è Hijo, con M. M. de la Hire, Maraldi, Couplet, Chazelles y asociados.»

M. Richer comprobó en agosto de 1672 que el péndulo del reloj que llevó de París a Cayena oscilaba más lentamente en esta localidad, retrasándose el reloj, llegando a la conclusión de que la causa era «pesar el

mismo Pendulo menos en Ceyenna, que en Paris; y que por consiguiente todos los Cuerpos pesarían menos àcia el Equador que àcia los Polos».

A análogas conclusiones llegaron Malley en 1677 en la isla de Santa Helena, Varin en Gorea, Deshayes en Guadalupe, Glos en Martinica, Còuplet en Lisboa, etc.

Huygens y Newton trataron de buscar la explicación a estos hechos, y en efecto, «Presumieron haver hallado la causa de este fenomeno en aquella su decantada fuerza centrífuga de los Cuerpos, movidos, y agitados en torno. Todo Cuerpo, decian estos grandes Philosophos, que se mueve en circulo, hace un esfuerzo continuo, para huir y apartarse del centro del circulo, que describe, y en torno del qual se mueve. Este principio, que demuestra la razon, y la experiencia, se siente palpablemente en la Honda. Dando vueltas con la Honda la Piedra puesta en ella, siempre và forcejando por despedirse, y huir del centro en torno del qual rueda, tanto mas, quanto es mayor velocidad con que se mueve; y por esto, puesta en libertad corre velozmente, sin otra nueva fuerza que la impela.»

«Esta es pues la fuerza que aquellos dos célebres Philosophos M. M. Huygens y Newton llamaron centrífuga, porque tira à huir del Centro; y està, segun ellos, es la causa, que hace à la Tierra Lata. Porque sentadà esta doctrina suponen ambos, que la Tierra se mueve, revolviendose diariamente sobre su propio Exe. Por este movimiento, cada particula de la Tierra hace esfuerzo por apartarse del Exe; y este esfuerzo es tanto mayor, quanto es mayor la velocidad, ò quanto es mayor el Circulo, que cada una describe, y siendo, tanto circulo, como velocidad àcia el Equador mayores, que àcia los Polos, es necessario que los Cuerpos mas cercanos al Equador hagan mas esfuerzo para apartarse del Exe, que los que están mas cercanos à los Polos, y que su fuerza centrífuga sea allí mas violenta.»

«De aquí nace, decian los mismos Philosophos, que los Pendulos, y por la misma razon todos los Cuerpos, tēgan en igual cantidad de masa menos pesadéz en Paris y Lugares situados àcia los Polos, que en Cayenna y Lugares situados àcia el Equador.»

«De esta Theorica inferian necessariamente, que el Globo terraqueo no puede ser perfectamente espherico: porque siendolo, assi como todas las líneas tiradas del centro à cualquiera parte de la Superficie son iguales, assi las porciones de masa, que se comprehendan en Cilindros de iguales Diametros, y vayan esde ddicho Centro àcia qualquier parte de la Superficie misma, seràn tambien iguales; y como, por otro lado, las

# OBSERVACIONES

ASTRONOMICAS, Y PHISICAS

HECHAS

DE ORDEN DE S. MAG.

EN

LOS REYNOS DEL PERÙ

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

DE LAS QUALES SE DEDUCE

LA FIGURA, Y MAGNITUD  
DE LA TIERRA,

Y SE APLICA

A LA NAVEGACION.



IMPRESSO DE ORDEN DEL REY NUESTRO SEÑOR  
EN MADRID

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

Reproducido de la obra de Jorge Juan existente en la Biblioteca del Instituto  
«Jorge Juan».

porciones de masa en aquellos que van al Ecuador, tienen menos pesadéz, por razon de la disminucion, que la fuerza centrifuga causa en su gravedad, que las porciones de masa en aquellos que van à los Polos donde es menor esta disminucion, saldria, que siendo iguales las porciones de masa en una, y en otra parte, no serian iguales las pesadezes: pues pesarian mas las porciones àcia los Polos, y menos las porciones àcia el Ecuador y por consiguiente no havria equilibrio entre ellas; absurdo intolerable, cuya dissonancia perciben bien los que han saludado la Estatica. Para que se conserve el equilibrio es preciso, que haya mas porcion de masa àcia el Ecuador, para que la pesadéz, correspondiente à la mayor cantidad, contrabalance el peso mayor, que en menor cantidad tengan las porciones àcia los Polos; y es bien facil de ver, que en esta suposicion la Tierra estarà mas elevada àcia el Ecuador, que àcia los Polos; y que assi su figura serà, no una Esphera, ò Bola, perfectamente redonda, sino es una Espheroide plana, ò una Bola chata àcia los Polos, ò por decirlo assi, tendrà figura de una Naranja.»

En la medida de la meridiana de Francia... «Tomóse por principio de la medida el Observatorio Real de Paris; y aunque con varias interrupciones comprendió desde Dunkerke hasta Colibre, dividiendo en dos arcos el Meridiano de toda la Francia, el uno desde Dunkerke à Paris, y el otro desde Paris à Colibre.»

Se refiere a la medida del meridiano de Cassini y dice: «Estas medidas fueron repetidas por MM Cassinis en diferentes tiempos, en diferentes Lugares, con diferentes Instrumentos, y por diferentes methodos. El Gobierno hizo prodigamente todos los gastos, y dió toda la proteccion imaginable, por espacio de 36 años; y la resulta de seis operaciones hechas en 1701, 1713, 1718, 1733, 1734 y 1735 fuè siempre, que la Tierra es alargada, y no chata, àcia los Polos.»

«Por estas Observaciones, pues, resultaron dos cosas: la primera no ser la Tierra perfectamente esférica, en lo qual convenian los Franceses con M. Huygens, y el Cavallero Newton, la segunda, ser una Espheroide longa ò estendida àcia los Polos, lo qual era del todo opuesto à la determinacion de estos célebres Philosophos, que decian ser una Espheroide lata, ò chata àcia los mismos Polos.»

«No es de maravillar, que muchos de los Autores que han escrito en estos años, hasta el de 1736, en que se hicieron las medidas del grado en la Laponia, hayan defendido la figura Longa, determinada por M. Cassini, como indubitable, y assi con razon fundadísima por enton-

ces la defendieron en nuestra España los Sapietisimos P. P. M. M. Feijóo, y Sarmiento, Benedictinos, aquél en su *Theatro Critico*, éste en la *Demonstracion Critico Apologetica* de dicho *Theatro*.»

«Pero con todo esso no cediò M. Newton y otros muchos de su partido à tan plausible experiencia. Confessaron, que la medida del Meridiano de Francia se havia hecho con mucha delicadeza, y precision; pero afirmaban que aunque la medida comprehendiese todo el Meridiano, que atraviesa la Francia, estando unidos los grados de los dos arcos, en que se partiò la medida, la diferencia del valor, y longitud de unos grados à otros era muy corta, y por consiguiente poco sensible, y expuesta à confundirse entre el error à que toda Observacion està expuesta. por mas delicada que sea.»

«... el Rey Christianissimo hizo comunicar à la Academia, por medio del Conde de Maurepas, Ministro, y Secretario de Estado de la Marina de Francia, de que determinasse, del modo mas plausible, esta celebre question, embiando à sus expensas dos tropas de los Miembros mas ilustres de su sabio Cuerpo, una al Norte, para medir un grado, lo mas cercano, que pudiesse ser al Polo, y otra à la America, para medir otro, lo mas cercano que pudiesse ser, al Equador. Este era el unico medio de determinar la figura de la Tierra, de modo, que no quedasse para en adelante duda alguna: pues, ò bien fuesse Lata, ò bien Longa, los grados debían ir aumentando, ò disminuyendo desde el Equador hasta el Polo: y si comparando entre sí los grados vecinos, podia la diferencia de ellos confundirse, por ser muy pequeña, con los errores precisos de las Observaciones; comparando dos grados lo mas distantes entre sí, que fuesse possible, seria la diferencia de ellos tan considerable, que no pudiesse ocultarse à los Observadores, y si fuesse perfectamente esphérica, los grados, por distantes que entre sí fuessen, se hallarian iguales, con la corta diferencia del error, que las Observaciones pudiesen producir.»

Se envió una expedición a Laponia, cerca del Polo y la segunda debia ir cerca del Ecuador.

«Pareció el lugar mas à proposito para hacer las Observaciones sobre el Equador, el territorio de Quito en la America Meridional. en los Reynos del Perú, que està baxo de la Equinoccial. Pidióse licencia para passar à estos sus dominios al Rey N. S., el qual no solo lo concedió benignissimo, sino que quiso, que nosotros los acompañassemos, è hiciésemos con ellos las mismas Observaciones, y otras, que S. M. se sirvió ordenarnos en sus Reales Instrucciones.»

Terminada la medida de arcos en Laponia y Perú, se repitió la de la Meridiana de Francia, bajo la dirección de Cassini de Thury, nieto del Cassini que hizo la primera medida. Los nuevos valores concordaron con los resultados de las efectuadas en Laponia y Ecuador.

Después de la Introducción de la que hemos tomado los párrafos anteriores, da cuenta Jorge Juan de las observaciones efectuadas en el Perú, ordenadas en nueve libros, de los que nos limitaremos a copiar los titulares:

Libro I: «Observaciones sobre la maxima Obliquidad de la Ecliptica».

Libro II: «Observaciones de Latitud».

Libro III: «Observaciones de las Inmersiones, y Emersiones de los Satelites de Jupiter, como de los Eclipses de Luna».

Libro IV: «Sobre la Dilatacion, y Compression de los Metales».

Libro V: «Sobre las Experiencias del Barometro simple».

Libro VI: «De la Velocidad del Sonido».

Libro VII: «De la medida del grado de Meridiano contiguo al Equador».

Libro VIII: De las Experiencias del Pendulo simple, y conclusion de la Figura de la Tierra».

Libro IX: «De la Navegacion sobre la Elipsoide».

No entraremos en los detalles de la medida, amenamente narrados por D. Julio Guillén en su documentada obra «Los Tenientes de Navío Don Jorge Juan y Santacilia y Antonio de Ulloa y de la Torre-Guiral, y la medida del arco de Meridiano» (3).

Aun dentro de cada grupo, las medidas fueron realizadas, por separado, por cada uno de sus componentes. Y en ellas los jóvenes marinos españoles, no sólo estuvieron a la altura de los Académicos franceses, sino que, revisada la operación en 1906 por una comisión del Servicio Geográfico del Ejército francés, resultó que la medida más precisa era la de Jorge Juan.

Y el resultado fue dar la razón a Newton: la Tierra era achatada en el sentido de su eje de rotación.

\* \* \*

(3) Madrid, 1936.

## EL EXAMEN MARÍTIMO

Publicado en 1771 con el nombre de «Examen Marítimo Theórico Práctico, ó Tratado de Mechanica aplicado á la construccion, conocimiento y manejo de los navios y demas Embarcaciones», constituye con la antes comentada «Observaciones Astronomicas y Physicas», las dos obras fundamentales que nos dejó Jorge Juan.

Pero así como en esta última lo que hizo Jorge Juan fue colaborar muy activamente a llevar a la práctica el acuerdo de la Academia de París, en el «Exámen Marítimo» aborda por su cuenta un problema que había ocupado la atención de primeras figuras de la matemática por aquellos tiempos, mejorando con mucho las soluciones logradas.

Entre los Académicos franceses con los que convivió Jorge Juan en el Perú figuraba Bouguer, que ya había publicado en 1727 una obra titulada «Mature des Vaisseaux», probablemente ajeno al interés de Jorge Juan. Sin duda las largas horas pasadas juntos por ambos científicos sembraron en el joven Jorge Juan la semilla de una nueva preocupación que, muchos años más tarde, habría de dar un fruto tan maduro.

Para resolver un problema de navegación hubo de apoyarse en la teoría y en la observación. Y construyó en efecto un verdadero tratado de mecánica teórica y efectuó numerosas y bien pensadas experiencias. Y el resultado de la combinación de ambas le llevó a la solución de un problema que no habían logrado los que antes que él lo habían intentado.

Con objeto de enfocar el problema y seguir el camino que le llevó a su solución, nada mejor que recurrir al prólogo de la obra de Jorge Juan.

«La instrucción del Marinero, si exceptuamos los cortos principios en que se funda el Pilotage, se ha considerado, hasta muy poco tiempo ha, de pura práctica. La fábrica del Navío, y otras Embarcaciones, y sus maniobras, que es el modo de manejarlas, ha estado siempre en manos de unos casi meros Carpinteros, y de otros puramente Trabajadores ú Operarios: ninguna dependencia se creyó que tubiesen de la Mathematica, sin embargo de no ser el todo sino pura Mechànica: Ciencia, quizás, la mas difícil y mas intrincada del mundo; pero qué mucho? En el Marinero, todo ocupado al riesgo, al trabajo y á la fatiga, no cabe quietud para estudio tan dilatado y prolixo; y el estudioso, que requiere suma tranquilidad para la contemplación, no se acomoda al afán y fatiga extrema del otro, únicas maestras que enseñan con facilidad las resultas

que por solo theórica fuera casi imposible descubrir. La dificultad de unir estas dos partes, en que consiste perfeccionar estudio tan manifiestamente útil, le tubo por consiguiente en tinieblas tantos siglos hace; pero como en el presente han florecido con admiracion las Mathematicas, y se han introducido con beneficio singular en casi todas las Ciencias y Artes, era irregular que no hubiera logrado del mismo la Marinería, ó á lo menos, que no se diese principio á la necesaria perfeccion para que con él se cultivase progresivamente. En el año de 1673 ya nos habia dado el P. Pardies su Tratado de Stática, ó Ciencia de las fuerzas movientes, y en él, por via de exemplo, una instancia ú demonstracion del camino que debe seguir la Nave, impelida por un viento lateral. Era ya un índice que pudo haber servido de guía para dilatarse mas en materia tan abundante; pero sin embargo, no vimos estenderla, hasta que el año 1689 nos dió el Cavallero Renau un tomo en octavo intitulado, De la Theorie de la Manoeuvre des Vaisseaux.»

Se refiere Jorge Juan a los estudios sobre el tema debidos a Renau, Huygens, Jacobo y Juan Bernoulli, Pitot, Mac Laurin, Euler, y la ya citada obra de Bouguer, quien en 1746 publicó una segunda titulada «Traité du Navire», de la que dice Jorge Juan: «su extension, el particular como prolixo exámen de la diversidad de asuntos que en ella se tratan, y el acierto de las soluciones geométricas, casi reducidas al alcance de los principiantes, le dieron el honor que merecia en toda la Europa: lo cierto es, que á haber concurrido en tan digno Autor la práctica necesaria para descubrir los errores que resultan de los falsos supuestos theóricos, nada nos hubiera quedado que apetecer: su eficacia é incesante tarea era preciso que hubieran producido una Obra completa.»

«Estos han sido los documentos que nos han servido de Norte en lo científico de la Marinería: la práctica por otro lado no es menos maestra, particularmente si, despues de bien exâminada y despejada de los accidentes que puedan hacerla variar, no se conforma con la theórica. En este caso, no hay Científico que no crea, que algun supuesto falso precedió á esta: es preciso buscarle y corregirle, porque la práctica no es distinta de la theórica: si no concuerdan, alguna de las dos está viciada.»

Y esto fue lo que hizo Jorge Juan. Buscó posibles errores en el cálculo que permitiesen explicar las diferencias entre los valores obtenidos por la teoría y los resultados de las observaciones. «Esta falta de correspondencia —sigue diciendo Jorge Juan— me pareció á primera vis-

ta, que podría depender de algun error en el cálculo, pero formadas nuevas fórmulas... solo sirvieron para confirmarle.» Busca entonces el error en los resultados experimentales, en la «cantidad asignada solo por la fe que dábamos a las observaciones de Mariotte y Derham». Y, en efecto, dice: «Para esto escogí un Bote, y mientras que navegando en él á viento largo se media su velocidad, se estaba midiendo en tierra la del viento, por medio de soltar pequeñas plumas ligerísimas, y observando con una muestra de segundos el camino que andaban en un tiempo dado. Despues de repetir esta experiencia algunas veces, diré: que con admiracion mia, no solo reconocí que no podian aumentarse los 24 pies, sino que debian disminuirse de mucho: el Bote, en substancia, se encontró que andaba muy poco menos que el viento: de suerte, que corriendo este de 10 á 11 pies, sacó el Bote cerca de 10: fenómeno bien extraño, para los que creyeron, que la velocidad del viento era casi infinita, respecto á la del Navío; pero no por ello es menos verdadero.»

Nuevas experiencias le permiten afirmar: «La fuerza del agua corriente sobre una tabla que á ella expuse, no solo la hallé en ocasiones quatro veces mayor de lo que la asigna Mr. Mariotte (Tratado del movimiento de las aguas, Disc. 3. Part. 2) sino que en otras lo era hasta ocho veces mayor: porque no solo dependía la fuerza de la magnitud del area, ó superficie de la tabla chocada, como hasta ahora se ha creído, sino tambien de su mayor profundidad en el fluido: de suerte que, puesta la misma area ó tabla cortada en paralelogramo rectangulo, con su lado mayor horizontal, padecia mucha menos resistencia, que puesto el propio lado vertical: es observación utilísima para la Marina, y que hasta ahora á nadie se le ha ofrecido, no obstante ser consecuencia clara de la gravitacion.»

Los resultados de sus experiencias le permitieron rectificar principios hasta entonces generalmente admitidos: «A mas de esto manifestaron las experiencias claramente, que no seguian las resistencias la ley de los cuadrados de las velocidades, y senos de ángulos de incidencia, sino próximamente la de las simples velocidades y senos de incidencia, segun lo manifestaron tambien las experiencias del Cavallero Newton.»

Al mejorar los resultados de la observación era necesario mejorar también la teoría, «pero para exponerla nos faltaban muchos documentos de mecánica, particularmente sobre la accion y movimiento de los fluidos. Pensamos, pues, por esto en exponerlos desde los principios, incluyendo todo lo que igualmente conduce á la theórica de las Máquinas simples y compuestas, sus fricciones, choques de cuerpos, y sus ac-

ciones, pues todo es propio de la Marinería, y conducente á la resolucion de tan intrincadas soluciones como las que se verán.»

Establecida en principio una correspondencia entre la teoría y la observación, aún busca Jorge Juan una mayor garantía, pues, dice: «pero muchas experiencias en pequeño, no tienen iguales resultas en lo grande ó extenso, porque en este caso se hacen mas sensibles los efectos de los accidentes, y es lo que precisamente sucedía en las acciones del Navío, comparadas con las experiencias que hasta ahora se han practicado. Pero no tubo iguales resultas nuestra theórica, pues quando podiamos esperar mayores diferencias, por el aumento hallado de las resistencias, se encontró la mas perfecta resulta que se podía aguardar. Con ella se halla, que las Embarcaciones deben andar precisamente lo que andan, sease á Popa, como á viento largo y de bolina; pero lo que es mas, que no solo andan algunas a viento largo casi tanto como el mismo viento, sino que algunas de ellas andan mas que el propio viento: paradoxa que extrañarán muchísimos: pero que sin embargo se verá demostrada.»

Y aún más: «Hallada esta exácta conformidad de nuestra theórica de resistencias con la práctica, así en pequeñas superficies, como en las muy ámplias de los Navíos, se trató tambien de aplicarla, para mayor verificación á otros dos casos diversos.»

El método científico de Jorge Juan no puede ser más ortodoxo, ni se le pueden exigir más garantías a su manera de proceder.

De acuerdo con la marcha aquí indicada preparó y desarrolló Jorge Juan su «Examen Marítimo» dividido en dos tomos.

El primero es un verdadero tratado de Mecánica, dividido a su vez en dos «libros», dedicado a la mecánica del sólido el primero y el segundo a la mecánica de fluidos. El segundo tomo es un tratado de construcción naval y de navegación.

La publicación del «Examen Marítimo» mereció la mejor acogida en Europa, apareciendo traducciones en Londres (1774), Nantes (1783) y París (1793). Gabriel de Císcar utiliza el «Examen Marítimo» para preparar un curso que habría de desarrollar en Cartagena, y encuentra algunos errores, justificables por las circunstancias en que Jorge Juan hubo de escribirlo ocupado con innumerables quehaceres y preocupaciones. Císcar repasa y completa la obra, publicando en 1793 una nueva con el título de «Examen Marítimo adicionado».

Echegaray, en su citado discurso, decía refiriéndose al «Examen Marítimo»: «Obra verdaderamente clásica, ha sido única en Europa por

muchos años y ha merecido el honor de ser traducida y recomendada en varias lenguas».

\* \* \*

Creo que estas dos muestras son suficientes para justificar lo que debe la Ciencia a Jorge Juan. La buena acogida que le prestaron las comunidades científicas de su tiempo, nacionales y extranjeras, y el hecho de que las dos obras citadas merecieran ser traducidas y publicadas fuera de España, es una razón más para convencernos de ello. Y para convencernos también del acierto al dar su nombre al Instituto de Matemáticas de nuestro Consejo Superior de Investigaciones Científicas y del acuerdo de rendirle hoy este homenaje al inaugurarse este Congreso y las Jornadas Matemáticas Hispano-Lusitanas.



*I' a Palom' fulp' Reg' ino. del. et incidit.*

Anteportada de la obra de D. Jorge Juan:  
*Observaciones astronómicas y físicas hechas en los reinos del Perú, de las cuales se deduce la figura y magnitud de la Tierra.*

## JORGE JUAN Y LA CARTOGRAFIA ESPAÑOLA DEL SIGLO XVIII

por

FRANCISCO VAZQUEZ MAURE

Doctor Ingeniero Geógrafo

Con motivo del segundo centenario de la muerte del insigne D. Jorge Juan, los matemáticos españoles han querido conmemorar con estas conferencias la memoria del titular del Instituto que los representa en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Entre las muy variadas actividades del que fue llamado «el sabio español» figuran varias estrechamente relacionadas con los trabajos habituales del Instituto Geográfico y Catastral, y éste fue el motivo de que me propusiese esta intervención el Secretario del Comité Organizador: mi estimado amigo D. Joaquín García Rúa.

La obra más conocida de Jorge Juan, aunque no sea la de mayor importancia, era la colaboración en la medida del arco de meridiano en el Perú. Este pudo ser el muy atractivo asunto elegido, pero preferí investigar sobre un curioso tema de carácter cartográfico, al parecer poco estudiado hasta ahora.

Matemático de origen, me honro en tomar parte en una reunión de matemáticos, aunque desde hace muchos años me he dedicado preferentemente a trabajos y estudios cartográficos, con una afición que raya en pasión por todo cuanto a mapas se refiere. Por esta razón presentaré este examen que, aunque no sea matemático, entra de lleno en mis aficiones y además puede constituir una aportación del Instituto Geográfico y Catastral, realizada a través de uno de sus ingenieros geógrafos.

El tema originario de esta Conferencia, al que acabo de aludir, era el de una publicación de Jorge Juan, citada por varios autores, entre:

ellos el recientemente fallecido director del Museo Naval, D. Julio Guillén, que llevaba este atractivo título, que voy a leer ahora por completo: «Método de levantar y dirigir el mapa o plano general de España, con reflexiones a las dificultades que puedan ofrecerse: por Don Jorge Juan, Capitán de Navío de la Real Armada».

Gracias a la ayuda, más que amable, del actual director del Museo Naval, D. José Luis Morales y del especialista en temas cartográficos del mismo Centro, Sr. Barreiro, rápidamente pude contar con una copia del trabajo, que había sido publicado por el Depósito Hidrográfico en el tomo de sus memorias de 1809, en plena guerra napoleónica. La alegría del éxito inicial se vio un tanto empañada por la brevedad del artículo, que sólo era un apéndice a una serie de determinaciones de coordenadas geográficas de algunos puntos de nuestros dominios del siglo XVIII, con sus trabajos correspondientes; en total trece páginas formaban el tan ponderado estudio, que debió ocupar a Jorge Juan en los alrededores del año 1753.

Pero después vi la importancia del escrito, cuando se colocaba en su lugar, en su ambiente y circunstancia; y me pareció que sería cosa digna examinarlo minuciosamente, pero con una conveniente referencia a su época. Por esto, el primitivo tema: «El mapa de Jorge Juan», se cambió por el más general de la Cartografía española del siglo XVIII, en relación con Jorge Juan. Abandoné el campo, más estudiado, de la vida de Jorge Juan como geodesta, decisiva en su personalidad y llena de interés.

A los matemáticos, nos ha parecido siempre que la cartografía era una de las más dignas aplicaciones de la ciencia nuestra y tan directa que, junto con la geodesia y la astronomía se han incluido sin ninguna disensión en todos los planes de estudios. Los nombres más ilustres de la matemática, sobre todo en la esplendorosa época de los siglos XVIII y XIX, aparecen en las páginas de la historia de la Cartografía, y algunos de ellos casi se han convertido de nombres propios en nombres comunes, como Laplace y Gauss. Corrientemente se habla de una Cartografía matemática, dedicada al estudio de las proyecciones (o representaciones) cartográficas; y creo que para muchos matemáticos la existencia de otra Cartografía, no matemática, sólo es una consecuencia lógica del nombre, pero su interés por ella no pasa del teorema de existencia. No es éste el caso, por supuesto, de D. José M.<sup>a</sup> Torroja, que abrió brillantemente este ciclo presentando los trabajos geodésicos

de Jorge Juan, y que siempre ha sentido una viva curiosidad por el tema de los mapas en todos sus aspectos.

Porque se trata nada menos que de esto: de la representación de la Tierra. En el «Diccionario multilingüe de términos técnicos cartográficos», trabajo de la Asociación Cartográfica Internacional, que hemos terminado en el año pasado, llegamos a definir así el término «Mapa»: «Representación convencional gráfica, generalmente plana, de fenómenos concretos o abstractos localizados en la Tierra, o en cualquier parte del Universo, conservando la posición relativa de su localización». Renuncio a citar la definición de Cartografía, que ocupa cinco líneas, realizada también con afán de completitud; pero el aire de la que se ha transcrito evoca el estilo matemático, si es que no recuerda a Kant cuando hablaba de lo que hay en el mundo «y en general fuera también de él». Se trata de una verdadera y compleja correspondencia, que se quiere sea biyectiva, entre un conjunto tan rico y completo que es nada menos que todos los accidentes y fenómenos que puedan localizarse, es decir, todo nuestro espacio, y otro conjunto de signos variadísimos en una superficie plana (o al menos «generalmente plana»).

Verdaderamente el paso no es directo, sino a través de una abstracción, de una superficie matemática, lo más semejante que sea posible a la que nos sustenta. El hallar esa superficie era el problema que arrancando de su posible vida rutinaria a Jorge Juan y a Antonio de Ulloa, los convirtió maravillosamente en sabios universales, es decir, sabios en general; la discusión de la Academia de Ciencias de París sobre si la Tierra pudiera asemejarse a un elipsoide achatado o alargado. Y para decidirlo había que medir, y el paso de veinte siglos (casi exactamente) entre Eratóstenes y Jorge Juan es el salto de la Tierra esférica a la elipsoidal: el arco de entrada en la noble ciencia de la geodesia, que ahora persigue fijar con precisión otra superficie auxiliar intermedia de carácter más físico: el geoide.

El problema geométrico al que corresponde el nombre de «Cartografía Matemática» es el paso final de esta transformación de puntos de un elipsoide (primariamente esfera) en puntos de un plano; problema que ha obtenido centenares de soluciones, verdadero recreo («hobby») de los matemáticos, que igual hubieran gozado pasando de un hiperboloide a un toro, ya que es un caso particular de una técnica muy general, de forma que lo que ahora se llama representación conforme apenas tiene ya relación con los mapas.

Pero la Cartografía es infinitamente más compleja que esta fecunda

zona de la matemática, y aún que las ciencias de las medidas (geodesia, topografía, fotogrametría, etc.) y en ella tiene viva aplicación el método matemático, aunque no se puede hacer explícito con fórmulas y ecuaciones. Ahora en la prolífica cartografía temática se presentan problemas tan complicados como en cualquier técnica: los mapas de migraciones o los de factores industriales, por ejemplo.

He insistido en este aspecto matemático conceptual de los mapas porque es en la época de Jorge Juan cuando el problema brota; la Cartografía deja de ser «literaria» y se convierte en «científica». El gran nombre del siglo, que designa tres o cuatro generaciones de cartógrafos, es Cassini, y al primero de ellos le reprochaba Luis XIV, diciendo que le había hecho perder más terreno a Francia con sus mediciones precisas que el que le habían ganado sus generales.

Los problemas fundamentales nacían en este momento del comienzo del siglo XVIII: las proyecciones cartográficas, que comenzaban a preocupar a los científicos, dejando de ser figura exenta la de Mercator (Gauss es coetáneo de Jorge Juan) el conocimiento exacto de las longitudes de arcos de meridianos y de paralelos que culminaron en las medidas por de La Hire y Cassini del arco entre Dunkerque y Perpignan de 1718; la representación del relieve por curvas de nivel, que Cruquius iniciaba con su carta náutica del Meerwede en 1728 y que Dupain-Triel llevaría a las aplicaciones terrestres en 1791. Los mapas de Delisle, Buache, d'Anville y de los Cassini aún tenían algún aspecto de ilustración, pero el interés por medir, antes de grabar en planchas de cobre los mapas, era ya la nota característica del tiempo.

La Cartografía española, como muchas de las ciencias y técnicas, pasaba entonces por uno de sus mínimos; los aficionados españoles a los mapas para ver cómo era su país, tenían que buscar mapas franceses u holandeses, que lo representaban con precisión escasísima. La brillante tradición de los siglos xv y xvi se había olvidado, más profundamente en España que en el resto de su imperio, y el florecimiento del siglo xvii debido a los cartógrafos portugueses murió con la separación de ambas naciones. Las deformaciones monstruosas de la figura del país que se advierten en los mapas extranjeros hacen pensar que los datos que pudieron recoger, de origen nacional, eran muy defectuosos.

Cuando se trata de esta época se suele citar un mapa que más parece un fantasma de mapa. El geógrafo Antillón aseguró que había visto un mapa, debido a los padres jesuitas Martínez y de la Vega, realizado

entre 1739 y 1743, el cual constaba de 23 hojas y que había sido base de los mapas de Tomás López (lo cual no es, precisamente, certificado de exactitud). Al parecer este mapa existía hace pocos años, pues le cita Reparaz. Pero no se sabe qué ha sido de él.

Era un mapa apoyado en «medidas», lo cual indica preocupación por el método, afín a la existente al otro lado de los Pirineos. Pero estas medidas, realizadas por particulares, por muy encargo del rey que fuera el trabajo, no debían superar en mucho a las muy anteriores de los cartógrafos portugueses Teixeira y Lavanha. Los mapas «geométricos» de este último sí que fueron excepcionales, ya que se apoyaban en una serie de determinaciones astronómicas de puntos aislados (dentro de la dificultad prácticamente insalvable de la utilización de la hora) y en intersecciones desde ellos a los demás que pudieran localizarse, y así se obtuvo el magnífico mapa de Aragón en el año 1615 (que por cierto se está reimprimiendo actualmente).

A los problemas nacidos para la Cartografía en el siglo xviii correspondía una serie de nuevos instrumentos con los que se les podía hacer frente y que permitían soluciones antes impensables. Parecen actuales los comentarios entusiastas que se leen en los relatos de los científicos españoles (Jorge Juan en 1726, Malaspina cincuenta años después) acerca de los nuevos instrumentos; ahora se habla mucho de ciencia instrumental, pero creo que es en el siglo xviii cuando se ha mirado con más asombro y reverencia al material empleado; en nuestro caso, cuartos de círculo, sextantes, cronómetros, etc., que los técnicos no sólo tenían que manejar, sino también construir o, al menos, corregir y modificar, lo que requería su conocimiento a fondo. Concretamente, Jorge Juan dedicó su atención al estudio de los cronómetros, dedicando una publicación a su examen.

La formación geodésica de Jorge Juan fue decisiva en su historia, aunque no sean sus trabajos en Quito lo esencial de su vida. Era un buen estudiante (le llamaban Euclides en la Compañía de Guardias Marinas), pero a pesar de que ya había recorrido en empresas náuticas el Mediterráneo, lo cierto es que a los 23 años, cuando se le designó para las medidas del Perú, no era en absoluto un especialista de la navegación y menos de la geodesia. Y mucho menos lo era su compañero Antonio de Ulloa, cuatro años más joven.

¿Fue genial perspicacia del ministro Patiño al elegirlos? ¿Qué hubiera sido de Juan y de Ulloa sin la aventura del Perú? Se me antoja que lo decisivo, como sigue sucediendo entre científicos españoles, fue

el luchar con un grave asunto en ambiente internacional, lo que les hizo crecerse y brillar en la ciencia; todo lo cual no hubiera sucedido en una rutinaria vida en la Marina.

También sucede que la época de los primeros Borbones fue, en muchos sentidos, enciclopédica. La ciencia no era asunto de especialistas y si Juan y Ulloa quizás tocaron por primera vez los aparatos geodésicos al desembarcar en Cartagena de Indias, lo mismo le sucedió a La Condamine, dedicado a la química; Bouguer era un buen geómetra y trabajaba en hidrografía, y sólo el director de la expedición, Godin, por ser astrónomo, estaba más relacionado con la geodesia.

Pero de la operación, tan nueva y extraña para él, Jorge Juan salió transformado; su afán de trabajo (y su amistad con Godin) le hicieron realizar en Perú una prolongación de la cadena de triángulos, lo que es sintomático de la fiebre geográfica: como si fuera un signo de dominio del hombre sobre la naturaleza, cubrir con una red geodésica la Tierra es un sueño simbólico propio de la profesión. De aquí nació la idea de la triangulación general de España, que ahora expondremos.

La comparación de Jorge Juan con Tomás López, el cartógrafo oficial de la España del XVIII, es sintomática: el primero quiere precisión en las medidas, determinaciones exactas; el relleno topográfico no pasa por su imaginación: es un auténtico geodesta. Mientras que Tomás López, aunque haga pinitos de ciencia cosmográfica, de lo que tiene alma es de geógrafo descriptivo; la precisión no es su fuerte, y vuelca toda clase de datos (relaciones, cartas, antiguas noticias y a veces hasta mediciones), las cuales «promedia» con toda seriedad y coloca en un marco que cruje peligrosamente cuando se quiere comprobar su exactitud.

Y entremos ya en el estudio del proyecto del mapa de España, nacido de la evidente necesidad que de él tenía el entusiasta plan de desarrollo nacional del Marqués de la Ensenada (pues ahora ya es casi frase hecha la de Cartografía para el desarrollo).

Parece, por el título antes citado, que vamos a encontrarnos con un estudio científico del asunto; sin embargo, más bien se trata de la opinión que un hombre culto e inteligente expone sobre un tema que conoce bien en uno de sus aspectos. Ya he dicho que Jorge Juan no es un cartógrafo; ni siquiera puede decirse que sea esencialmente un geodesta, pues su actividad fundamental y acertada se dedicó a los problemas náuticos.

Ya al comenzar el trabajo dice «sin entrar en las controversias reñi-

das por los ingenieros, ni tratar sobre la formación de mapas por noticias que no es del asunto». Esta frase marca la diferencia que acabo de mostrar entre las ideas de Jorge Juan y las de Tomás López.

Para Jorge Juan la cartografía es el dominio de la geometría sobre la naturaleza y su «Método» no es cartografía, sino geodesia, pero ya sin el aire científico de conocer la forma de la Tierra, sino con el muy práctico de disponer de numerosos puntos con coordenadas geográficas.

En esto sus ideas son claras y sencillas, en alguna ocasión ingenuas. Conoce bien de qué se trata y cuáles son los problemas, y lo que hace humano su escrito es quizás esa parte minuciosa en un estudio tan general. Porque un tratado de geodesia pocas veces habla de la calidad intelectual de los operadores o de la forma de abonar sus emolumentos. Jorge Juan sabía que en estos prosaicos asuntos radica la posibilidad de llevar a feliz término un proyecto. En aquellos tiempos en que eran plaga de la Corte los «proyectistas» que con ciencia conocida de oídas querían remediar los males del país, Jorge Juan no quería ser un proyectista más, ya que ha realizado personalmente el trabajo que propone.

Conoce especialmente bien la obra del segundo Cassini (de Thury), que desde 1733 trianguló Francia durante ocho años, obteniendo su primer mapa científico, renovado en 1745 con otro mayor (a 1/878.000) en el que aparecían 800 triángulos.

En resumen comienza así el autor: los mapas pueden ser mejores o peores, pero eso depende del tiempo que se emplee y del gasto que se haga. Principio poco académico, en que se evita el «se podría hacer, pero no es posible» que adorna tanto proyecto muerto al nacer.

E inmediatamente habla de medir una base «en el centro del reyno», y no vacila en dedicar un mes a esta operación. Su idea está en que sea de dos o tres leguas; es notable que la base central de Madrideojos, que se medirá en 1857, va a tener 14,663 kilómetros y se localizará en ese centro del reino y «en parage donde se halle llano al propósito para ello». No le preocupa para aspirar al máximo cuidado en esa medida el resultado que proporcione a las dimensiones de la Tierra, ni el afán por competir con otros geodestas extranjeros, sino el hecho indudable de que si en dos leguas hay un error de una toesa, en las doscientas leguas que tiene el reino (se supone de máxima altura) habrá un error de 100 toesas.

Sobre esta base construye su red de triángulos, dispuesta, curiosamente, según «ocho series de triángulos, que vayan por los ocho rumbos de la aguja hasta los extremos del reyno». Piensa en sus tres grados

de meridiano del Perú y multiplica simplemente el esfuerzo por ocho. La necesidad de otras bases de comprobación se le escapa al principio; después veremos que, desconfiando de la precisión del trabajo, pensará, en un apéndice, en determinaciones astronómicas de puntos de apoyo.

No explica ya cómo va a completar la red, lo que indica en la frase «se pueden destacar otras series de triángulos, a fin de llenar todos los huecos, o por mejor decir, llenar todo el reyno de triángulos». Desde luego, del procedimiento que expondrá minuciosamente para sus series fundamentales no se deduce cómo se las va a arreglar después para cubrir todo el territorio.

Los triángulos serán «los más cerca a equiláteros, ya que si hay ángulos mayores de 60° los habrá también menores». Medirán los ángulos con cuartos de círculo, de 18 ó 20 pulgadas de radio, lo cual no deja de considerar que será embarazoso para el transporte de los instrumentos. Es indicio de posibles malas costumbres reinantes lo de «será bueno que se observen los tres ángulos de todo triángulo»; en cambio sorprende la nota de que los lados sean «de 6, 7, 8 ó 10 leguas», porque indica que los aparatos tenían ya una óptica bastante aceptable; mejor dicho, los anteojos que los acompañaban.

No le preocupa ni siquiera el relleno topográfico que «es indiferente que se levante, ya sea con plancheta o semicírculo de pínulas o anteojos», porque piensa que todo error quedará encerrado en el correspondiente triángulo. Lo importante es la geodesia y lo fundamental es que se distribuya bien el trabajo de forma que se termine todo a un tiempo; como prevé problemas administrativos derivados de la maraña de la división territorial del país, dice que «se distribuya la formación de los mapas de cada reyno por sí o parte de alguno según sus tamaños»; como si dijera que no le vinieran con historias de jurisdicciones.

Y, como si el mismísimo Marqués de la Ensenada se lo hubiera preguntado en ese momento, se pone a calcular cuánto personal y cuánto tiempo le va a ser preciso. Con este motivo calcula el número de leguas cuadradas de los reinos, que suma 15.930; si se toma como equivalente de la legua cuadrada 30.864 km<sup>2</sup>, resulta 491.665 km<sup>2</sup>, resultado muy próximo a los 492.363 de la parte peninsular, única a que se refiere el autor. Es asombrosa esta coincidencia lograda antes de hacer el mapa, pero me inclino a creerla obra de la casualidad, pues los sumandos no tienen aspecto de precisión.

Como detalle curioso, entre los reinos figura «Castilla la Nueva y

Mancha», denominación heterodoxa para aquella época. Por la superficie parece ser que es la llamada generalmente Castilla la Nueva.

¿De dónde obtendría Jorge Juan esta información? Porque la edición de 1809, en una nota al pie de página, cita la superficie dada por Tofiño en 1778, que es de 15.762, muy coincidente con la anterior (pero más distante de la realidad), aclarando ahora que se trata de leguas marítimas de 20 en grado.

Y comienza el estudio «económico». O Jorge Juan era un trabajador insuperable, o las condiciones de la época eran maravillosas, pues concede dos días de trabajo por legua cuadrada, aunque «no con exactitud, sino con una especie de ella». Luego concede un día más por «los días de fiesta perdidos, lluvias y otros embarazos». Después ya es fácil calcular: para hacer el mapa en cuatro años hacen falta 32 compañías de «cuatro hombres inteligentes».

No sé si por temor de no encontrar tantos, o de no encontrar los 32 cuartos de círculo precisos (que son las causas que cita), pero el caso es que piensa después que para terminar en 10 años bastarán 16 compañías, y aún así ve peligro en que algo falle, sobre todo la parte instrumental, pues «ni en París ni en Londres» se pueden hacer en dos años la mitad de los aparatos que hacen falta.

La mayor atención del estudio se dispensa a continuación a la organización del trabajo; el recuerdo de los indudables sinsabores sufridos en Quito le hacen ser minucioso en este punto. Jerarquización del equipo y de toda la empresa, obligaciones concretas de cada miembro, distribución de aparatos, todo está meditado.

En este punto reside la gran novedad del trabajo: Jorge Juan piensa en el Mapa de España como empresa oficial, estatal, no como trabajo de un experto, como hasta entonces había sucedido, ni siquiera por encargo especial del rey. Esta idea iba medio siglo por delante de la organización napoleónica de la Cartografía, que acogieron entonces la mayor parte de las naciones civilizadas (el primer centro estatal es el Ordnance Survey, de 1791); pero, por desgracia, más de un siglo avanzada respecto a los mapas nuestros, que continuaron siendo obra de estudiosos particulares, aunque éstos fueran de tanta categoría como el Coronel Coello.

A la cabeza de la organización coloca un «Director general, que la Corte destinare para el gobierno general del mapa». Cada compañía se compone originariamente de «cuatro hombres inteligentes»; el Director, que llama «particular» y al que hace responsable del trabajo, dos

subalternos para el manejo de aparatos y el «delineador», que irá haciendo el mapa día a día. Después añade «otros dos sujetos, aunque no tan inteligentes» (es curiosa esa preocupación por el nivel mental del personal), que dedicará a poner señales para formar sus soñados triángulos equiláteros. Y todo el equipo avanzará bélicamente; el Director particular en el centro, «de lugar en lugar o venta en venta», mientras que los otros llevarán una «cañonera» para alojarse, es decir una tienda de campaña.

El recuerdo de las horas perdidas en las cumbres de los Andes para poder divisar las señales mueve al autor a fijar con toda precisión tanto el tamaño de las mismas: «una bandera blanca de lanilla de tres varas de largo y una y tres cuartas de ancho» como el de los «seis anteojos de seis u ocho pies de largo» necesarios para encontrarlas. Amén de los citados cuartos de círculo, planchetas, agujas, compás de vara, etc.

El Director General tenía también sus misiones científicas, aparte de la de ordenar la marcha de las operaciones; aprovechando la obligación de residir en la corte, como dispondría de un cuarto de círculo grande, un buen péndulo y un telescopio de 18 pulgadas de foco, averiguaría con el mayor cuidado la longitud y latitud de Madrid. Y no vendría mal que, empleando los aparatos del Colegio Imperial (venturoso tiempo de dotación de material científico), también los Directores particulares obtendrían las latitudes de otros lugares.

No se olvidan las instrucciones de la provisión de fondos y establece el trámite preciso para que «los Intendentes o Tesoreros de S. M. a quienes se les diere la orden» paguen sueldos, gastos y transportes.

El aspecto de cómo representar lo medido es secundario en este estudio; puede suponerse que, de pensar en algún sistema de proyección, sería el de Mercator el elegido. La escala la cita de pasada, ya que el mapa original «siempre habrá de ser debajo de la escala de dos pulgadas francesas por legua», es decir 54 mm. por 5.555 m., o sea 1/102.623, aunque luego en la presentación final podría reducirse.

Si el mapa de Cassini de Thury estaba construido a escala 1/900.000, aproximadamente, el plan de Jorge Juan resultaba extraordinario; comparado con el 1/86.400 francés de 1789 ya no resulta extraordinario el proyecto; pero hay que pensar que cien años después resultó maravilloso el mapa de España de Coello a escala 1/200.000.

Cita sólo lo principal del detalle topográfico al comenzar el escrito y en su parte final: «señalando en sus verdaderos lugares las ciudades, lugares, montañas, puertos, islas, caseríos, ríos, caminos, minas, divi-

siones de términos, etc.», y añade que en una memoria por separado se aclararán otras cosas que detalla. Entre ellas es curiosa la insistencia por «las pendientes de los ríos y de las tierras que podrán regar», lo cual tiene relación con uno de los muchos encargos que se le hicieron en su vida oficial, el riego de las tierras murcianas.

Del problema de cómo se va a presentar el trabajo sale con facilidad, pues le basta con dos delineadores hábiles para ordenar los planos que le envían los particulares. No piensa por ahora en que esta gran obra vaya a ser publicada; sólo es para presentarla al rey.

El trabajo terminaría bruscamente si no apareciesen al final unas «reflexiones» que, a su vez, nos dan bastante que reflexionar.

Al parecer, están escritas unos meses después y dan una nota de prudencia tan visible que se piensa en la influencia de algo exterior a la geodesia y que es la política. Don Zenón de Somodevilla, Marqués de la Ensenada, se ha convertido, en los diez años de gobierno pleno que ha ejercido, en un gran hombre de Estado, cuyas obras prácticas preocupan a los gobernantes ingleses, que buscan la complicidad de envidiosos y ambiciosos españoles para deshacerse de él. Jorge Juan debe conocer, o al menos sospechar, la existencia de una conspiración y teme que la caída del impulsor del renacimiento nacional esté próxima. Porque ahora ya ve mayores las dificultades en encontrar personal e instrumentos y ya piensa «¿qué apariencias no tiene de que no se vea el fin a la obra?»

Entonces se decide a simplificar: en vez de 16 compañías de cuatro hombres inteligentes, utilizando cuartos de círculo para hacer el mapa en diez años, propone sólo 32 de «mediana inteligencia» armados sólo de planchetas y semicírculos, para hacerlo en cinco años. Esto parece a primera vista un problema de matemáticas elementales, pero es algo más triste: es la sombra del fracaso de la empresa antes de comenzada. Jorge Juan justifica el retroceso hábilmente: «Si no hay un mapa es mucho peor que si éste tiene alguna legua de error».

Además, de los operadores se pueden tomar cuatro «más bien inteligentes» que se dediquen a observar las latitudes de algunas ciudades y después, empleando señales luminosas, diferencias de longitud, con lo cual el error sería mucho menor en cada zona del país. Aquí indica, por vez primera en el estudio, cuál era la precisión habitual en estos trabajos; pues espera reducir el error en la determinación de latitudes a 15", por lo cual será un sexto de legua de N. a S., para todo el país.

mientras que en cada determinación de longitud espera 1" de tiempo, o sea media legua de Este a Oeste.

Y, finalmente, aparece un auténtico reparo cartográfico; se pregunta cómo va a ponerle al mapa grados de latitud y longitud, si no conoce cuántas toesas tiene cada grado de meridiano y paralelo: aquí nota un auténtico problema que, por desgracia, no ataca sino que muestra sólo como razón de no querer preocuparse tanto por las precisiones en distancias.

Su solución de emergencia es el empleo de puntos Laplace, poco más o menos. Y las reflexiones terminan así: «quiero asegurar una obra sólo capaz de haberse hecho en España en tiempo del Sr. Marqués de la Ensenada», citándole por primera vez.

El proyecto no se realizó; el Marqués de la Ensenada cayó en desgracia en 1754. Pero treinta años después otro gran geodesta y marino lo llevaba a cabo, al menos en parte. Vicente Tofiño era también Director de la Compañía de Guardias Marinas y su obra, comenzada en 1783, consistió en el levantamiento de toda la costa peninsular, empleando un método ingenioso y científico, en que se combinaban la triangulación geodésica, la observación astronómica y las estimas náuticas. Si no se tuvo el mapa de España, al menos se conoció su contorno.

Esta influencia de Jorge Juan llegó también a otros terrenos de dominio español y en especial a la costa pacífica del Noroeste de América, en la que se desarrolló entre los años 1770 y 1792 una actividad exploradora y cartográfica como no se había presenciado desde los años de la Conquista. Los trabajos de los marinos españoles, que estudié en un trabajo presentado en la Conferencia de la Asociación Cartográfica Internacional celebrada en Ottawa el año pasado, son una prueba de que si un impulso superior existe, puede realizarse una buena obra. En los últimos años se han publicado en Canadá y en Estados Unidos varios libros sobre la gesta española de los Esteban, Malaspina, Bodega y Cuadra, Valdés, Alcalá Galiano, etc.; lo que aquí se llamaba simplemente «la cuestión de Nutka».

En cambio, como ya avancé al principio, el mapa de España que no pudo ver realizado Jorge Juan, tuvo que ser suplido por los mapas de otro cartógrafo de métodos muy distintos, Tomás López, que entre 1760 y 1802 cubrió de cartografía nuestro territorio. Loable esfuerzo que colmó la laguna de ignorancia geográfica nacional, obra portentosa de recogida de datos, que asombra por las circunstancias de las comunicaciones de la época. Se conocen 206 mapas, de todas clases, algunos de

ellos de información momentánea, casi periodística. Hubiera sido el perfecto complemento de lo que pensaba Jorge Juan; estos datos, bien colocados, hubieran constituido una obra maestra. Al parecer, Jorge Juan y Antonio de Ulloa influyeron para que el Marqués de la Ensenada le enviase a París en 1752 para estudiar geografía y especializarse en el grabado de planchas, pues esta profesión estaba tan abandonada en España que se contrataban artistas extranjeros.

En París influyó decisivamente en su formación el gran cartógrafo d'Antillon, pero Tomás López no tuvo nunca mentalidad de geodesta; por cierto que le acompañaba otro gran cartógrafo de peor fortuna, D. Juan de la Cruz, hermano del D. Ramón de la Cruz, muy conocido.

Todavía hay que citar, para abreviar, sólo un escalón más hacia la formación de la cartografía española, la gran figura de Francisco Coello, ya citado, que estuvo a punto de lograr el éxito en la empresa patrocinada por Jorge Juan, pero cien años después. Organizó las medidas de bases, comenzó las observaciones geodésicas, se adelantó con la publicación de mapas provinciales; pero la triste situación política de 1860 le alejó del triunfo como director del Mapa Nacional y le dio sólo la gran fama de ser el último cartógrafo individual de nuestra historia.

Porque la victoria estaba reservada al General Ibáñez de Ibero, el gran organizador, otro genio universal comparable a Jorge Juan en la multitud de actividades que acometió y a quien le sonrió la suerte en todas sus empresas.

Con él y con su Instituto Geográfico, fundado en 1870, se hacen realidad las ideas de Jorge Juan, abriéndose ya la época moderna de nuestra Cartografía. No resultó demasiado fácil que los gobiernos comprendieran que el levantamiento de mapas es una empresa estatal, como ya decidió hace doscientos veinte años el «sabio español».

**PHILIPPO V.**  
 HISPANIARUM, ET INDIARUM REGE CATHOLICO  
 LUDOVICI XV. FRANCORUM REGE CHRISTIANISSIMI POSTULATIS,  
 REGIAE SCIENTIARUM ACADEMIAE PARIENSIS VOTIS  
 ANNUNTII, AC FAVENTE.  
 LUDOV. GODIN, PETRO BOURGEOIS, CAR. MARIA DE LA CONDAMINE  
 ILLIUSDEM ACADEMIAE SOCII,  
 IPSIUS CHRISTIANISSIMI REGIS JUSSU, ET MUNIFICENTIA  
 AD METIENDOS IN AEGYPTO ET ALII PLAGA TERRISTRES GRADUS,  
 QUO VERA TERRAE VIGUEA CERTIUS INNOTESCERET,  
 ET PLENIUS MENSURARETUR.  
 GEORGIUS JUAN S. JOHANNIS HIERONIMITANI ORD. EQUES,  
 ET AGRICOLA DE VILLOA,  
 UTROQUE NAVALIUM BELLIARUM VICI PRÆFECTI,  
 ET MATHEMATICIS DISCIPLINIS ERUDITI  
 CATHOLICI REGIS JUSSU, AC JOURNALI, IMPENSA  
 AD EJUSDEM MEMORIE REGIS IODUM ALLEGATI  
 COMMUNIS OPERIS, INDUENTIA, CONSENSU  
 ET HAC VARIIS MENSURAE PLANITIE  
 DISTANTIAM HORIZONTALEM  $6474\frac{33}{21}$  PARIS. HEXAPEDARUM  
 IN LINEA A BORDA OCCIDENTEM VERSUS GRAD. 19. MIN.  $25\frac{5}{2}$   
 INTRA III JUS. ET ALIIBUS OFFENSIS AXES EXCURRENTEM,  
 QUAEQUE AD LEXEM PRIMI TRIANGULI LATUS ELICIENDAM,  
 ET FUNDAMENTUM TOTI OPERI JACIENDUM INSERVIRET,  
 STATUERET.  
 ANNO CHRISTI MDCXXXVI. MENSE NOVEMBRI.  
 CUJUS REI MEMORIAM  
 DUABUS HINC INDE OBSERVATIONUM MOTIBUS EXTRACTIS,  
 AETERNUM CONSERVARI PLACUIT.

Inscripción en la base geodésica situada en los extremos de la base geodésica  
 de Yutamp. 1780 de Quito.