

MARIO RUIZ MORALES

LA AVENTURA MÉTRICA  
DE ALEXANDER VON HUMBOLDT  
(1799-1804)

GRANADA  
2012

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley.

Dirijase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos –[www.cedro.org](http://www.cedro.org)), si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

© MARIO RUIZ MORALES.  
© UNIVERSIDAD DE GRANADA.  
LA AVENTURA MÉTRICA DE ALEXANDER VON HUMBOLDT  
(1799-1804).  
ISBN: . Depósito legal: GR/xxx-xxxxx.  
Edita: Editorial Universidad de Granada. Campus Universitario de  
Cartuja. Granada.  
Fotocomposición: CMD Granada.  
Imprime: Imprenta Comercial. Motril. Granada.

*Printed in Spain*

*Impreso en España*

*Ensanchando los límites de la física del globo, y reuniendo bajo un solo punto de mira los fenómenos que representa la Tierra y los que abarcan los espacios celestes, es como nos elevamos a la ciencia del Cosmos y conseguimos convertir la física del globo en una física del mundo.*

Alexander von Humboldt

## PRÓLOGO

Aunque Alexander von Humboldt sea sobradamente conocido en los círculos instruidos, parece obligado resaltar algunos de sus méritos al presentar uno de los múltiples libros en los que continúa siendo el más destacado protagonista. El barón alemán fue el prototipo de sabio ilustrado y uno de los genios que ha dado el mundo, tal como tuvo ocasión de probar en su rica producción bibliográfica, indudablemente favorecida por haber tenido la suerte de vivir 90 años, una cifra considerable para su tiempo. Uno de sus valores más sobresalientes fue la honradez intelectual de que siempre hizo gala. Como botón de muestra pueden valer sus referencias a dos autores, Juan Bautista Muñoz y Martín Fernández de Navarrete, cuyas contribuciones le fueron de gran utilidad en sus posteriores investigaciones. Al primero lo calificó de sabio historiador, comentando la suerte que tuvo de encontrarse con él en Madrid, justo antes de su partida para América. Gracias a él pudo tener noticias de los valiosos documentos que se habían recopilado por orden del rey Carlos IV en los archivos de Simancas y de Sevilla. La obra del segundo “Colección de los viajes y descubrimientos que hizo España desde fines del siglo XV”, fue considerada por Humboldt como uno de los monumentos históricos más importantes de los tiempos modernos. Tampoco dejó de valorar las aportaciones científicas de los marinos españoles de su época (como Churruca) y de las que habían realizado siglos atrás, coincidiendo con la era de los grandes descubrimientos; no en vano pensaba que el progreso del conocimiento en un momento dado hundía sus raíces en el de los siglos anteriores.

Humboldt es reconocido universalmente como el padre de la geografía moderna y como uno de los naturalistas más destacados de todos los tiempos. No obstante, el reconocimiento aparece más localizado en la esfera de las letras que en la de las ciencias, dos disciplinas que discurren en demasiadas ocasiones por vías divergentes. Él mismo aludía a su difícil conciliación cuando, ya en pleno siglo XIX, afirmaba que estaba conde-



Còsmico, el genio del mundo, una imagen alegórica que podría simbolizar al propio Humboldt y a su obra.

nado a no poder evitar las discusiones minuciosas de la geografía y de la astronomía náuticas, siempre latentes en sus trabajos habituales. El trabajo que ahora ve de nuevo la luz reivindica precisamente la importancia del carácter multidisciplinar de la investigación, superando la división artificial entre ciencias y letras, que llevaron a cabo tanto Humboldt como Bonpland, su colaborador más estrecho.

El título del libro *La Aventura Métrica de Alexander von Humboldt* no es casual, ya que los trabajos de campo, realizados durante el periodo comprendido entre los años 1799 y 1804, proporcionaron ingentes conjuntos de datos, que aún no han sido estudiados con la debida profundidad. Por otro lado, las observaciones y las medidas correspondientes fueron realizadas en circunstancias extraordinarias y sometidas, ocasionalmente, a los peligros de la selva. Uno de ellos se describe en el libro con todo lujo de detalles, señalando Humboldt que en una de las estaciones astronómicas localizada a orillas del Orinoco, sintió miedo por la presencia de cocodrilos y jaguares, aunque lograron mantenerlos a distancia con el fuego del campamento.

En cuanto al fin que pretendió lograr con sus trabajos de campo, me remito a las propias palabras de Humboldt: “Espero que mi prolongada estancia en las regiones menos visitadas del nuevo mundo, haya contribuido al conocimiento del clima, de los lugares y de las costumbres de sus habitantes”. Asimismo hizo mención a la determinación astronómica de las coordenadas geográficas de numerosos puntos estratégicos, al correcto trazado del curso de los ríos y de las cadenas montañosas. Todo ello iluminado con una rica y valiosa información toponímica, proporcionada por los indígenas “en la maravillosa variedad de sus idiomas”.

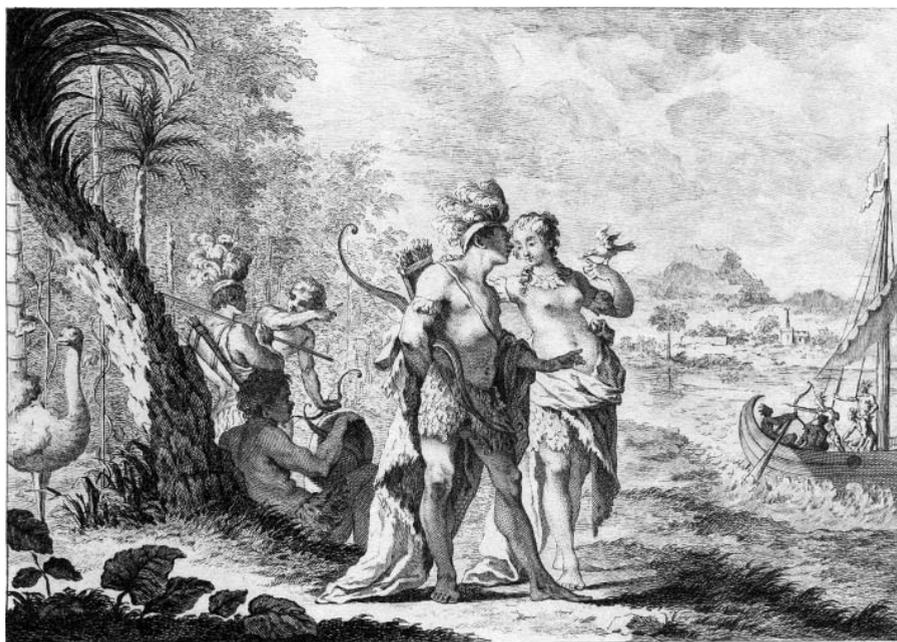
Humboldt intercambió sus conocimientos y los resultados de sus muchos experimentos con los prohombres de su tiempo, entre los que cabe destacar a los siguientes: Arago, Delambre, Gay-Lussac, Gauss y el presidente Jefferson. La aventura americana de Humboldt marcó su vida, él mismo indicaba que de siempre se había sentido atraído por todo lo relacionado con el nuevo continente. Pero que fue al documentarse con vistas a su viaje cuando le surgió el definitivo y permanente interés por unas investigaciones en las que estuvo centrado durante más de treinta años, y por las sintió especial predilección.

El objetivo que pretendía alcanzar era verdaderamente ambicioso, pues según sus propias indicaciones no quería limitar sus trabajos a los aspectos esencialmente descriptivos e históricos de América, sino que pretendía extenderlos a la cosmografía del siglo XV y a los métodos astronómicos usados por los marinos españoles, a partir del decreto papal sobre la línea de la demarcación, para tratar de descifrar “el secreto de la longitud”. Humboldt contribuyó así al estudio de la geografía histórica, partiendo de su permanente interés en demostrar la concatenación de ideas que según él enlazaba el final del siglo XV, “a través de las pretendidas tinieblas de la Edad Media”, con los tiempos gloriosos de Aristóteles, de Erástotenes y de Estrabón. Sus conclusiones le resultaban evidentes: por una parte el desarrollo alcanzado en un determinado lugar hundía sus raíces en

el progreso habido en los siglos anteriores, de igual modo el avance del conocimiento, o de la inteligencia, con sus aplicaciones inmediatas a las necesidades sociales, solo parecen superfluas cuando la desidia o el aislamiento intelectual priman sobre otros conceptos.

*El Autor*

# INTRODUCCIÓN



*P. Avallone del.*  
Nous réglons nos mœurs suivant notre caprice,  
Nous suivions la Nature en toute liberté,

**L'AMERIQUE.**

*P. Avallone sculp.*  
Quand traversant les Mers, la cruelle Avarice  
Vint nous faire souffrir un jour peu mérité.

*Paris chez Avallone rue St Jacques à la Reine de France.*

En el año 2005, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, el Instituto Cervantes y la Real Sociedad Geográfica patrocinaron el *Coloquio Internacional Alexander von Humboldt: Estancia en España y viaje americano*. Un fructífero acontecimiento organizado por los investigadores M. A. Puig-Samper y S. Rebok, tres años después se publicaron las actas correspondientes, coordinadas por esta última y por el profesor M. Cuesta Domingo. El libro, con igual título, se presentó en diciembre de ese mismo año 2008 en la Real Academia de Ciencias Morales y Políticas, estando presidido el acto por el profesor Velarde Fuertes, miembro de esa Institución y Presidente de la Real Sociedad Geográfica.

La presentación del libro me pareció formal y brillante, al tiempo que entrañable, siendo en el transcurso de la misma cuando pensé que había llegado el momento de reivindicar de manera expresa y pormenorizada las aportaciones de tan insigne geógrafo a un campo tan vasto y singular como es el de la geografía matemática. El detonante fue, sin duda alguna, las referencias puntuales, a esa circunstancia, que se hacían en varios de los capítulos del libro. Aunque la tarea que tenía por delante resultara apasionante, es cierto que sentí al mismo tiempo el alivio de emprender finalmente la tarea que tenía pendiente desde que consulté por primera vez el *Cosmos*, la obra por excelencia de Alexander von Humboldt; quien al fin y al cabo es el verdadero protagonista del trabajo que ahora ve la luz.

La ocasión me parece propicia, ya que en el año 2011 se cumplió el doscientos aniversario de la aparición del libro *Recueil d'observations astronomiques, d'opérations trigonométriques et de mesures barométriques*<sup>1</sup>, la muestra más palpable del conocimiento astronómico y geodésico de

1. El título se completaba en realidad con el siguiente texto: *faites pendant le cours d'un voyage aux régions équinoxiales du nouveau continent, depuis 1799 jusqu'en 1804*.

Humboldt, el mejor exponente de su pericia como operador de campo y la minuciosidad que demostró en sus observaciones. Sin esas características no hubiera sido posible la realización de los cálculos correspondientes efectuados por su compatriota Jabbo Oltmanns, coautor de esta contribución tan sobresaliente al estudio histórico de la medida de la Tierra.

Sin embargo, dicha publicación, siendo fundamental e imprescindible, no bastaba para hacer factible la reivindicación pretendida por el libro que ahora ve la luz. En efecto, al tratarse, en sus aspectos más esenciales, de una especie de diario de operaciones, no aporta otros datos complementarios que ayuden a comprender mejor el meritorio esfuerzo llevado a cabo por Humboldt y Aimé Bonpland; su amigo y estrecho colaborador en las campañas de campo que realizaron entre los años 1799 y 1804, tanto en España (península e Islas Canarias) como en América central. Consiguientemente he tenido que consultar de modo permanente su celebrada obra *Viaje a las Regiones Equinocciales del Nuevo Continente, hecho en 1799 hasta 1804*<sup>2</sup>, publicada en París (1826). Un trabajo que no me ha supuesto esfuerzo alguno, por la temática y la ágil prosa de los cinco volúmenes de la misma, además del hecho de haber sido escrita en español<sup>3</sup>.

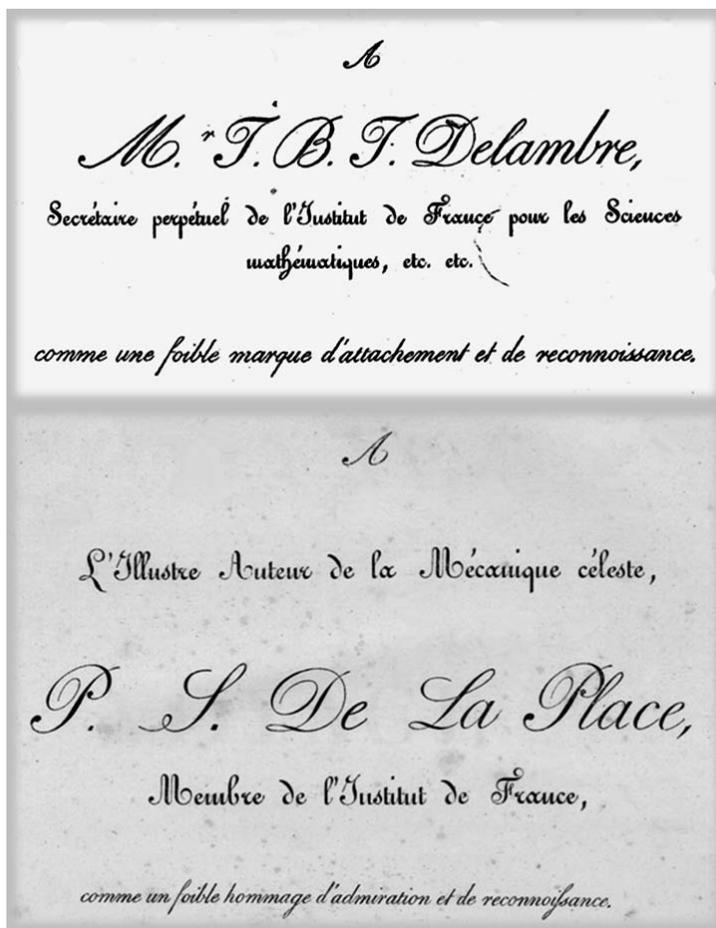
Humboldt concedió a sus dos libros anteriores una extraordinaria importancia, como evidencia indirectamente el hecho de que dedicase el primero a J. B. Delambre y el segundo<sup>4</sup> a P. S. Laplace. Ambos fueron personajes clave en las ciencias francesas de la Ilustración, baste decir que Laplace fue el responsable del desarrollo matemático de la astronomía y de la estadística, amén de impulsor del Sistema Métrico Decimal y del uso de las curvas de nivel como medio ideal para representar el relieve. En cuanto a Delambre, fue el principal artífice<sup>5</sup> de la triangulación geodésica a lo largo del meridiano de Francia, la cual le serviría de apoyo para definir el aplastamiento elipsoidal y el metro; el producto científico más genuino de la revolución francesa.

2. El título continuaba así: *por Al. De Humboldt y A. Bonpland. Redactado por Alejandro de Humboldt; continuación indispensable al Ensayo político sobre el reino de la Nueva España, por el mismo autor. Con mapas geográficos y físicos.*

3. Es ese un hecho que merece ser resaltado, pues cuando Humboldt llegó a España apenas sabía expresarse en nuestra lengua, tal como refería Oltmanns al tratar de las observaciones hechas en España. Como mérito complementario del personaje ha de añadirse sus continuados esfuerzos por tratar de vencer las reticencias que despertaba en los lugareños al estacionar sus instrumentos científicos al aire libre.

4. Ha de señalarse que la dedicatoria la hicieron Humboldt y Bonpland en la edición francesa del libro, la cual se había publicado en París doce años antes.

5. Junto a su amigo F. A. Méchain.



Dedicatorias a Delambre y a Laplace.

Nada realmente novedoso puede añadirse a lo ya sabido acerca de las decisivas contribuciones de Humboldt al progreso de la geografía descriptiva y física, y al renovado interés por la llamada historia natural<sup>6</sup>.

6. Hay dos sucesos poco divulgados en los que fue crucial la intervención de Humboldt. El primero se refiere al mapa de Juan de la Cosa, siendo él quien comunicó que lo había visto en París (1823). El segundo guarda relación con Washington Irving y su obra *The Life and Voyages of Christopher Columbus* (1828), pues Humboldt señaló que en ella se aseguraba que el nombre de América fue acuñado durante el año 1507 en la ciudad de Saint-Dié.

No obstante han de subrayarse en este contexto sus rigurosos intentos de evaluar las altitudes del relieve terrestre de forma global y mediante la aplicación sistemática de la nivelación barométrica; máxime cuando fue pionero en esa práctica, tras las primeras determinaciones de Pascal en el Puy de Dôme y en la iglesia de Saint Jacques de París. La importancia de sus investigaciones en este campo se ve acrecentada desde el momento en que fueron realizadas en una época en que aún estaba por decidir si las curvas de nivel era el método ideal para representar el relieve.

Aunque sea ya de sobra conocido, conviene recordar también que se debió a él el descubrimiento de la meseta castellana, gracias a los perfiles longitudinales con que solía acompañar sus observaciones, para divulgar mejor la excelencia de sus lecturas barométricas. Sus palabras<sup>7</sup> no dejan lugar a dudas: “según las pocas observaciones que he podido hacer por mí mismo<sup>8</sup>, el interior de España forma una vasta llanura que, elevada 300 toesas por encima del nivel del océano, está cubierta de formaciones secundarias, de gredas, piedras para hacer yeso (espejuelo), sal gema y piedras calizas del Jura”. Debe también recordarse que su relación con Laplace le permitió conocer de primera mano los estudios de los modelos atmosféricos, efectuados por este, y más concretamente la fórmula que permitía obtener la altitud sobre el nivel del mar en función de las temperaturas y de las referidas lecturas; fórmula que mejoraría con el tiempo al tener presente la corrección barométrica introducida por Ramond de Carbonnière.

En cualquier caso, la principal novedad que se aporta en este nuevo libro, centrado en los trabajos de Humboldt, es la formación astronómica que adquirió durante los años previos a su expedición científica al nuevo mundo. Su objetivo no fue otro que obrar con el suficiente conocimiento de causa al efectuar las observaciones que desembocarían en la determinación de las coordenadas geográficas de numerosos puntos, alcanzando una exactitud acorde con los instrumentos empleados. Los estudios astronómicos efectuados por Humboldt no fueron superficiales, tal como se podrá comprobar en el epígrafe siguiente. No obstante, parece obligado adelantar la exposición tan completa que hizo de los métodos para obtener la longitud geográfica, en la primera parte del libro que escribió junto a Oltmanns, un reflejo ajustado del estado del conocimiento en la frontera de

7. Edición en español (1826) de *Viajes a las regiones equinociales del nuevo continente...* (pág. 23).

8. Esta es una prueba irrefutable de que realizó observaciones barométricas en el suelo peninsular, aunque éstas sean menos conocidas que las astronómicas, muy bien documentadas.

los siglos XVIII y XIX. Otra de las cuestiones que abordó en ese estudio preliminar fue el de la refracción astronómica, incluyendo un interesante análisis histórico de un problema siempre complicado, que de tanta utilidad le sería para corregir las observaciones cenitales con las que determinó la latitud de la estación.

Humboldt fue aconsejado por los astrónomos y geómetras más eminentes a la hora de elegir el instrumental que debería emplear en sus observaciones de campo. El mismo se encargaría de explicar, como se verá en su momento, que la elección de los diferentes aparatos no fue nada casual, sino la más coherente con el fin último de su trabajo, obtener una representación del territorio con fiabilidad geométrica. Afortunadamente, Humboldt tuvo la precaución de relacionar todos los que deberían ser transportados, los cuales había adquirido entre 1797 y 1798. Los fabricantes fueron los mejores instrumentistas de su época, tal como se desprende de la relación siguiente, incluida por el autor en muchas de sus publicaciones.

*Un sextante de Ramsden<sup>9</sup>, de 10 pulgadas de radio, con limbo de plata, graduación sexagesimal y divisiones cada 20 segundos.*

*Un horizonte artificial de Caroché<sup>10</sup>, con nivel de burbuja y cuyas divisiones eran de dos segundos.*

*Un cuarto de círculo pequeño de Bird<sup>11</sup>, con un radio de 12 pulgadas, permitiendo lecturas de 2 segundos gracias a su tornillo micrométrico; estaba dotado además de plomada y de un gran nivel de burbuja.*

*Un círculo repetidor de reflexión, con 12 pulgadas de diámetro y que había sido construido por Lenoir<sup>12</sup>; constaba además de dos espejos de platino<sup>13</sup>.*

9. Ramsden fue un astrónomo y constructor de instrumentos científicos. A él se debe la primera división rigurosa del limbo. Suya fue la publicación *Description of an Engine for dividing Mathematical Instruments*, aparecida en el año 1777.

10. Caroché construyó instrumentos para los mejores observadores de su tiempo.

11. Bird pasó a la posteridad por haber construido los mejores cuadrantes astronómicos de la época. Uno mural de 8 pies de longitud permitía lecturas con indeterminación de un segundo sexagesimal.

12. Lenoir creador, junto a Borda, del círculo repetidor. Fue el mejor fabricante de instrumentos en Francia, a él se debieron los primeros prototipos del metro hechos de platino iridiado.

13. Al final Humboldt decidió dejar en España este instrumento, por la poca abertura del objetivo y porque la imperfección de su espejo de platino iba a dificultar mucho la observación de las estrellas.

*Un teodolito de Hurter<sup>14</sup>, de 8 pulgadas de diámetro<sup>15</sup>.*

*Un sextante<sup>16</sup> de Troughton<sup>17</sup>, de dos pulgadas de radio, con un anteojo y horizonte artificial; muy apropiado para medir ángulos con incertidumbre de 1 minuto, viajando bien a caballo o en barca, e incluso capaz de determinar el retraso de un cronómetro mediante el método de las alturas correspondientes<sup>18</sup>.*

*Un anteojo centrado con un micrómetro grabado sobre vidrio, el cual serviría para nivelar las bases y para la medida de ángulos verticales muy pequeños.*



Una alegoría de la observación telescópica. Los dos *putti* son un detalle del monumento a Humboldt, delante de la universidad berlinesa que lleva su nombre.

14. Hurter, pintor y constructor de instrumentos científicos. Colaboró estrechamente con Haas entre 1790 y 1795.

15. Este instrumento tampoco fue embarcado hacia Canarias, tanto por las dificultades del transporte como por las correcciones tan frecuentes que necesitaban sus tres niveles de burbuja.

16. Humboldt llamaba a este instrumento sextante de tabaquera, en alusión a la pequeña caja que lo almacenaba.

17. Edward Troughton fue, junto a su hermano John, el mejor fabricante inglés de instrumentos topográficos, náuticos y astronómicos.

18. Se denominan posiciones correspondientes de una estrella, aquellas que son simétricas con relación al meridiano y pertenecen al mismo almicantrat, es decir que presentan la misma altura sobre el horizonte.

*Un antejo acromático de 3 pies construido por Dollond*<sup>19</sup>.

*Otro antejo de menor longitud de Caroché.*

*Un reloj de longitud de Louis Berthoud*<sup>20</sup>.

*Un semicronómetro de Seiffert.*

*Una brújula de inclinación de 12 pulgadas, construida por Lenoir de acuerdo con las indicaciones de Borda.*

*Una gran aguja imantada, provista de pínulas y suspendida por el método de Coulomb*<sup>21</sup>, para determinar las variaciones horarias y la intensidad de las fuerzas magnéticas.

*Un magnetómetro de Saussure*<sup>22</sup> y una brújula de declinación de Lenoir, de un pie de diámetro, provista de una meridiana filaria<sup>23</sup> y con divisiones de minuto.

La relación la continuaba Humboldt incluyendo barómetros e higrómetros de Deluc<sup>24</sup> y Saussure, un pluviómetro, termómetros, un cianómetro<sup>25</sup>, sondas termométricas, un instrumento que servía para medir con precisión la temperatura del agua hirviendo en las montañas, brújulas de bolsillo, cadenas de agrimensor, prototipos métricos, en vidrio y metal, para verificar las medidas de longitud. Aunque los instrumentos fuesen fabricados por los constructores más afamados, no podía certificarse la bondad de los resultados obtenidos con las observaciones sin haber contrastado, antes y después de las mismas, la fiabilidad asociada a los mismos. Así procedió precisamente Humboldt, a tenor de lo que se indica en la obra que escribió junto a J. Oltmanns. En primer lugar decidió verificarlos mediante su comparación con los instrumentos del Observatorio de París, así como

19. Dollond fue un destacado instrumentista que mejoró sustancialmente la óptica de los telescopios, disminuyendo las aberraciones cromáticas.

20. P. L. Berthoud, relojero y fabricante de cronómetros (hizo unos 150). Fue el relojero del Observatorio de París y del *Bureau des Longitudes*.

21. Coulomb fue un físico francés autor de varias Memorias sobre la Electricidad y Magnetismo en las que se trató de la interdependencia entre ambas áreas de conocimiento.

22. Aristócrata ginebrino que llegó a ser miembro de la Academia sueca de las Ciencias. A él se le atribuye el invento de instrumentos tales como el magnetómetro, el cianómetro y el anemómetro.

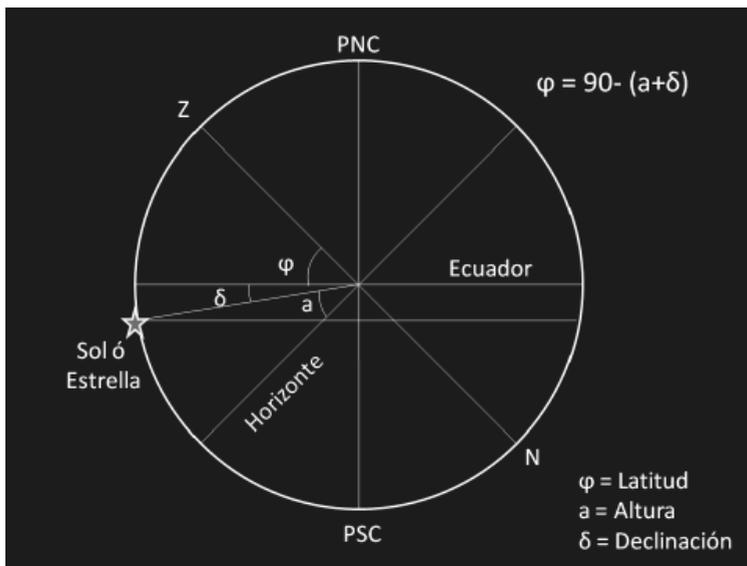
23. Aditamento astronómico que corta exactamente en dos partes iguales la imagen del Sol a mediodía.

24. Deluc fue un meteorólogo suizo autor de la obra *Recherches sur les modifications de l'atmosphère* (Ginebra, 1772). En ella sentó las bases de las relaciones entre higrómetros, termómetros y barómetros destinados a la medición de altitudes.

25. Instrumento para medir la intensidad del azul del cielo.

calculando la latitud de puntos, previamente localizados con aparatos de mayor exactitud, por el procedimiento de las posiciones correspondientes del Sol y de las estrellas, también conocido con el nombre de método de las alturas iguales. En esas operaciones contó con la especial colaboración de Johann Trallès<sup>26</sup> y de Borda.

La segunda fase de la contrastación instrumental, realizada por Humboldt, se refirió fundamentalmente a los sextantes. Para ello comparó los valores angulares medidos mediante los de Ramsden y Troughton, con los obtenidos por un círculo repetidor de Bellet, de diez pulgadas de diámetro y análogo a los empleados por Delambre en la observación de los triángulos de la red que discurría sensiblemente a lo largo del meridiano de París, también conocido como meridiano de Francia. Los resultados del contraste metrológico probaban que para ángulos mayores de 100 grados sexagesimales, las discrepancias eran del orden de los 3 o 4 segundos. Humboldt añadió que tales valores coincidían con los que había obtenido en Berlín, durante 1806, al comparar los sextantes con un círculo repetidor de Troughton, de 18 pulgadas de diámetro, que era de su propiedad.



Sección meridional de la esfera celeste. De ella se deduce que la latitud es combinación lineal de la altura y de la declinación.

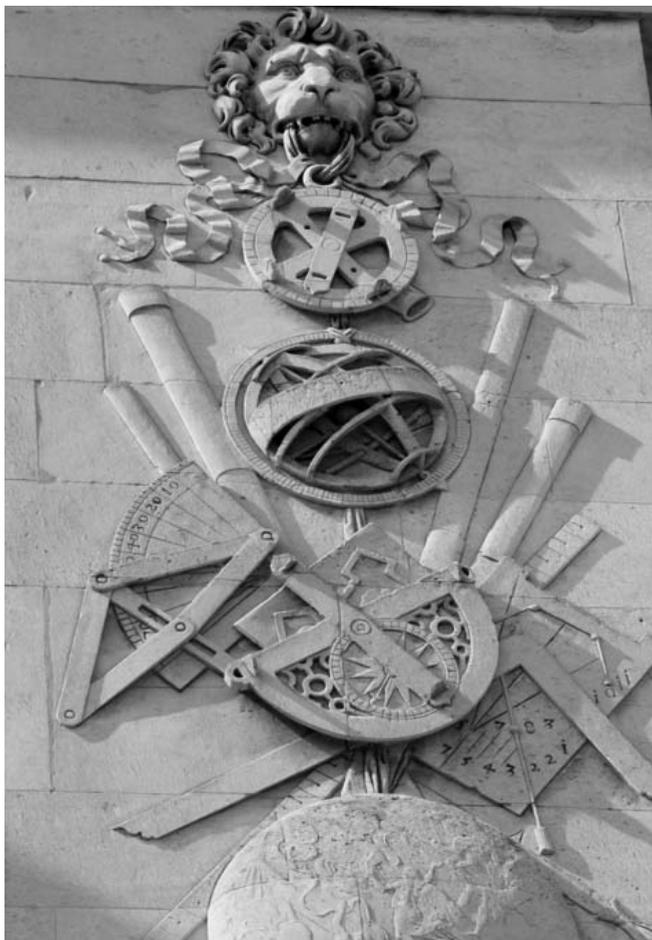
26. Astrónomo y profesor de matemáticas en la Academia de Berna, además de miembro de la primera Comisión encargada de determinar el desarrollo del cuarto del meridiano y del metro.

Mucho más detallada fue la experiencia que tuvo lugar en la fachada meridional del Observatorio de París, usando un sextante de Troughton, junto a un horizonte artificial de Caroché, entre el 24 de septiembre y el 6 de octubre del año 1809. El objetivo básico fue el cálculo de la latitud de la estación<sup>27</sup>, fijada de antemano en  $48^{\circ} 50' 14''$ , observando para ello las alturas meridianas del Sol en los días que no lo impidió el mal tiempo; al final contó Humboldt con 80 alturas circunmeridianas. Cada uno de los días halló la media de las alturas sobre el horizonte, previamente corregidas, para sumarla después al valor de la declinación austral y obtener así la colatitud del lugar, esto es el ángulo complementario de la latitud. La tabla adjunta resume los resultados obtenidos en aquellos experimentos metrológicos. (Recuérdese que los residuos son las diferencias entre los valores puntuales y la media aritmética de los mismos).

CALCULO DE LA LATITUD EN EL OBSERVATORIO DE PARÍS					A	T
Fecha	Altura media	Declinación austral	Latitud	Residuos		
24.09.1809	40° 46' 21''.7	0° 23' 25''.4	48° 50' 12''.9	-1''.7	761.40 m	17°.6
25	40° 22' 53''.0	0° 46' 51''.0	48° 50' 16''.4	1''.3	759.34	18°.4
26	39° 59' 27''.1	1° 10' 5''.7	48° 50' 17''.2	2''.6	762.55	15°.5
28	39° 12' 36''.0	1° 57' 4''.6	48° 50' 19''.4	4''.7	759.68	13°.1
29	38° 49' 20''.6	2° 20' 30''.5	48° 50' 8''.9	-5''.8	759.64	11°.7
3.10.1809	37° 15' 52''.5	3° 53' 50''.7	48° 50' 16''.8	2''.1	767.92	15°.5
4	36° 52' 39''.5	4° 17' 6''.7	48° 50' 13''.8	-0''.8	763.5	13°.1
5	36° 39' 31''.2	4° 40' 15''.9	48° 50' 12''.9	-1''.8	760.2	14°.2
6	36° 6' 22''.6	5° 3' 25''.0	48° 50' 12''.4	-2''.8	759.82	15°.0
24.10.1809	29° 26' 48''.8	11° 42' 55''.0	48° 50' 16''.2	1''.6		13°.2
LATITUD MEDIA			48° 50' 14''.65	A= Altitud. T=Temperatura		

Un rápido examen de la misma evidencia que en esos diez días solo se produjeron residuos significativos (desviaciones de la media superiores a los tres segundos) en dos ocasiones. Humboldt concluyó su análisis afirmando que ese valor de la latitud del Observatorio de París puede que se

27. Humboldt aprovechó la ocasión para efectuar lecturas barométricas, con las que hallar la altitud del lugar, y termométricas, expresadas en grados centígrados.



Detalle de los instrumentos matemáticos colocados la fachada Sur del Observatorio de París.

hubiese determinado con un error por exceso próximo al medio segundo, recordando, por otra parte, que él y Arago habían llegado con un círculo repetidor de Fortin al valor  $48^{\circ} 50' 13''.25$ , esto es  $0''.7$  menor de lo debido.

Sin embargo, no fueron esas las únicas comprobaciones instrumentales efectuadas por Humboldt, ya que él mismo citaba las que había realizado mientras navegaba “al Norte y al Sur del ecuador, sea en el Océano Atlántico, sea en el Mar del Sur, desde los 13 hasta los 105 grados de longitud occidental”. Señalando un poco más adelante que mientras estuvo embarcado no había dejado de medir las distancias de la Luna al Sol y a

las estrellas, además de corregir la estima por alturas meridianas, usando el método del matemático holandés Douwes<sup>28</sup> y por el transporte del tiempo. El fin último de estas observaciones, hechas en el mar, era el de conocer la dirección y la fuerza de las corrientes, localizar con exactitud los puntos en los que había medido la inclinación de la aguja imantada, la temperatura del Océano y el estado meteorológico de la atmósfera.

28. Con este método, también llamado de las *alturas dobles*, se hallaba la latitud en función de las alturas observadas, el intervalo de tiempo entre ellas y la declinación.