

ASTRONOMÍA Y AVENTURA. LAS OBSERVACIONES DE TRÁNSITOS DE VENUS PARA DETERMINAR LA PARALAJE SÓLAR EN EL SIGLO XVIII¹

Los tránsitos de los planetas Mercurio y Venus, llamados “inferiores” porque se encuentran entre la Tierra y el Sol, se producen cuando estos planetas cruzan por delante del disco solar. Para que esto suceda la Tierra, el planeta y el Sol deben estar convenientemente alineados, una situación que se da intermitentemente con el transcurso del tiempo. En el caso de Venus, estos tránsitos se dan por pares con ocho años de intervalo, hallándose cada par separado del siguiente por unos 125 años; los tránsitos de Mercurio son más frecuentes. Así, en el siglo XX no se pudo observar ningún tránsito de Venus; los últimos acontecieron en 1874 y 1882. Actualmente cabe presenciar el primer tránsito del siguiente par el 8 de Junio de 2004; el otro tendrá lugar el 6 de Junio de 2012.

En el siglo XVIII la observación de los dos tránsitos de Venus, en 1761 y 1769, se vio como una ocasión privilegiada para determinar la paralaje solar, y con ella la distancia de la Tierra al Sol, una distancia conocida hoy como la “unidad astronómica”. Sin entrar en más detalles, se puede decir que la paralaje solar es el ángulo con que el radio ecuatorial de la Tierra se ve desde el centro del Sol. Conociendo este ángulo y el radio, obtener la distancia es una sencilla cuestión de trigonometría. Por entonces esta distancia era muy mal conocida. Su determinación era importante, entre otras, por dos razones fundamentales. Una, que constituía la clave para la determinación de las distancias en el Sistema Solar. Pues, mediante la tercera ley de Kepler, que relaciona los períodos de revolución de los planetas en torno al Sol con sus

distancias medias al mismo, se podían calcular dichas distancias con sólo conocer una de ellas. La otra razón tenía que ver con el desarrollo de la teoría planetaria. Dado que los movimientos de los planetas se refieren al Sol, pero se observan desde la Tierra, el movimiento terrestre debe ser conocido con la mayor exactitud, pues cualquier error en su determinación conduce a discrepancias entre la teoría y la observación.

Las condiciones de observación de estos tránsitos presentaban en el siglo XVIII dificultades tanto intrínsecas como extrínsecas. Pues al problema de determinar los instantes en que Venus entraba o salía del disco solar se unía el hecho de que esta medida debía realizarse en lugares de la superficie terrestre lo más alejados posible entre sí. Lo cual implicaba llevar a cabo penosas expediciones a lugares remotos en una época en que viajar fuera de Europa constituía todavía una aventura. Y, como se verá por lo que sigue, peripecias no faltaron. Pero antes de entrar en ellas conviene exponer, con toda la brevedad posible, los antecedentes del caso.

Como tantas otras cosas, las primeras mediciones de tamaños y distancias en el Sistema Solar se

remontan a los griegos. En el siglo III aC Eratóstenes midió el tamaño de la Tierra comparando la oblicuidad de los rayos del Sol en las ciudades de Siena (la actual Asuán) y Alejandría, situadas aproximadamente en el mismo meridiano. En el siglo siguiente, Aristarco determinó las razones de los tamaños de la Luna y el Sol y de sus distancias a la Tierra. Para ello ideó dos procedimientos que todavía en el siglo XVII seguirían teniéndose en consideración, aunque por entonces ya existía el convencimiento de que, aunque geoméricamente correctos, arrojaban resultados muy poco precisos a tenor de los errores introducidos por la observación. La distancia al Sol la obtuvo por un método conocido como “dicotomía lunar”. Al hallarse la Luna iluminada por los rayos del Sol, en los cuartos creciente o decreciente habrá un momento en que se encuentre iluminada justamente la mitad de su disco, momento en el cual se tendrá la configuración representada en la fig. 1. Entonces, si se mide el ángulo \widehat{LTS} se obtiene la razón entre TS y TL , las distancias a la Tierra de la Luna y del Sol. El método, no obstante, es muy sensible a la medida de ese ángulo (que depende de la determinación de cuándo el terminator,

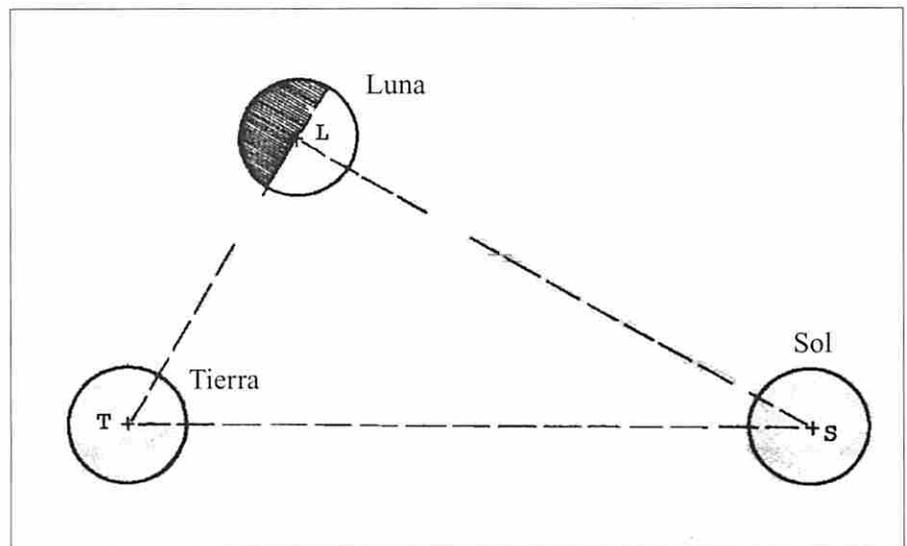


Figura 1.

¹ Esta colaboración corresponde a la conferencia que fue impartida por su autor, el profesor Manuel Sellés, el 8 de junio de 2004 durante la Jornada de observación del tránsito de Venus en el Centro Asociado de Madrid en Las Rozas.

como se llama al borde de la sombra, atraviesa el centro de la Luna), por lo que un pequeño error implica una gran discrepancia en el resultado. Aristarco midió un ángulo de 87° cuando, según la estimación actual, debería haber medido algo así como $89^\circ 50'$. De modo que obtuvo una distancia muy corta: halló que la distancia de la Tierra al Sol era unas 19 veces mayor que su distancia a la Luna, errando el resultado que hoy conocemos nada menos que por un factor de 18. En cuanto a los tamaños del Sol y de la Luna razonó que, si en un eclipse total ambos tienen el mismo diámetro aparente, entonces dichos diámetros deberían estar en la misma razón que sus distancias a la Tierra. También empleó un diagrama basado en la alineación del Sol, la Tierra y la Luna y el cono de sombra en los eclipses para mostrar cómo se podrían calcular las distancias absolutas (en términos del radio de la Tierra).

Saltaremos aquí sobre otras estimaciones y pasaremos al siglo II dC, en el que Ptolomeo escribió su conocido *Almagesto*. En él abordó de nuevo el cálculo de las distancias de la Luna y del Sol. Comparando su modelo geométrico del movimiento lunar, referido al centro de la Tierra, con una observación efectuada desde la superficie, determinó que la distancia de la Tierra a la Luna variaba entre los 33,55 y los $64\frac{1}{6}$ radios terrestres. Esto implicaba que en los momentos de mayor proximidad a la Tierra el diámetro aparente de la Luna debía duplicar al que presentaba cuando se hallaba más alejada, algo que obviamente no sucede, pero que Ptolomeo dejó pasar sin comentarios. Usando el mayor valor de esta distancia y el diagrama de los eclipses, que se muestra en la fig. 2, conociendo datos como el radio de la Tierra y los diámetros aparentes de la Luna y del Sol, y a través de una serie de operaciones geométricas, obtuvo una distancia al Sol de 1.210 radios terrestres, en buen acuerdo con la razón de 19 a

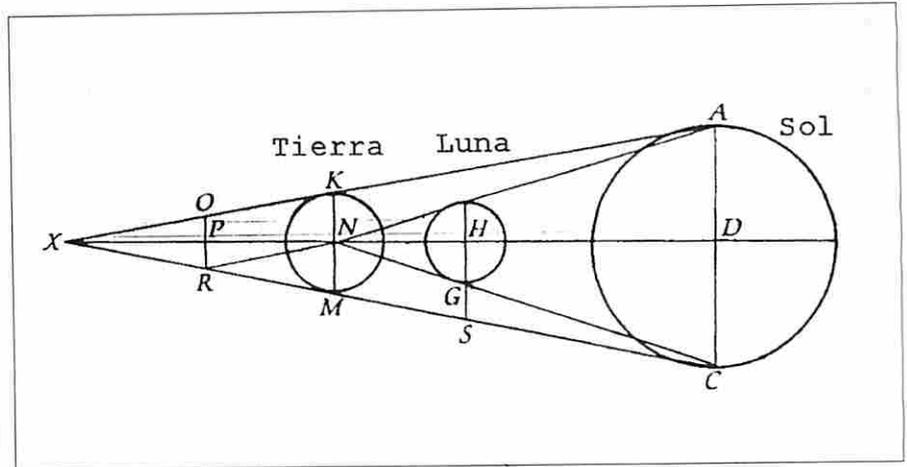


Figura 2.

1 hallada por Aristarco entre las distancias del Sol y de la Luna a la Tierra. Un acuerdo que hizo sospechar a algunos historiadores que Ptolomeo sabía muy bien a dónde quería llegar.

La astronomía ptolemaica siguió vigente hasta el surgimiento del sistema de Copérnico en el siglo XVI. Hasta entonces, con pocas modificaciones, se mantuvieron las distancias que Ptolomeo había calculado, que en el caso del Sol arrojaban una paralaje de unos $3'$. Tampoco Copérnico, quien había trastocado el orden del Sol y los planetas, con lo que el esquema de distancias cambió radicalmente, modificó en este punto el estado de cosas. Su modelo matemático permitía deducir las distancias relativas de los planetas, y a la hora de convertirlas en absolutas empleó los mismos procedimientos de Ptolomeo. Para la Luna obtuvo una diferencia menor entre sus distancias máxima y mínima a la Tierra, que evaluó en $68\frac{1}{3}$ y $52\frac{17}{60}$ radios terrestres, pero calculó una distancia máxima al Sol no muy distinta de la de Ptolomeo, de 1.179 radios terrestres, una concordancia que supuestamente podría haber buscado. Tampoco Tycho Brahe, quien propuso un sistema que constituía un compromiso en el que se dejaba a la Tierra inmóvil, pero se hacía girar a los otros planetas alrededor del Sol, se desvió mucho de este valor, adoptando una distancia media de 1.150 radios terrestres.

Estos datos apuntan a un peso

muy excesivo de la tradición, pero lo cierto es que con los medios entonces disponibles en astronomía no se podía llegar muy lejos. Aun desde el empleo de estos medios tradicionales, pero llevándolos a la mayor perfección posible, el fracaso de Tycho Brahe a la hora de determinar la paralaje de Marte en un momento en que se hallaba próximo a la Tierra (y por consiguiente su paralaje debía ser máxima) le sirvió a Johannes Kepler para establecer un valor máximo de la paralaje solar. Según Kepler, quien finalmente acabó desconfiando de los procedimientos empleados hasta el momento para determinarla, ésta no debía superar el minuto de arco, lo que ponía al Sol bastante más alejado de la Tierra.

Empleando los datos más precisos de Tycho, Kepler elaboró las llamadas *Tablas Rudolfinas*, que ajustaban mejor el movimiento de los planetas. Con estos datos mejorados Kepler pudo anunciar, en 1629, un tránsito de Mercurio para el 7 de noviembre y otro de Venus para el 6 de diciembre de 1631. Previó que la observación de estos tránsitos podía realizarse mediante una cámara oscura, abriendo un pequeño orificio en la ventana cerrada de una habitación y proyectando la imagen del Sol sobre una pantalla. Esto era plausible, dado que por entonces el orden de magnitud de los diámetros observados de los planetas no había cambiado desde la antigüedad, siendo mayores que los medidos

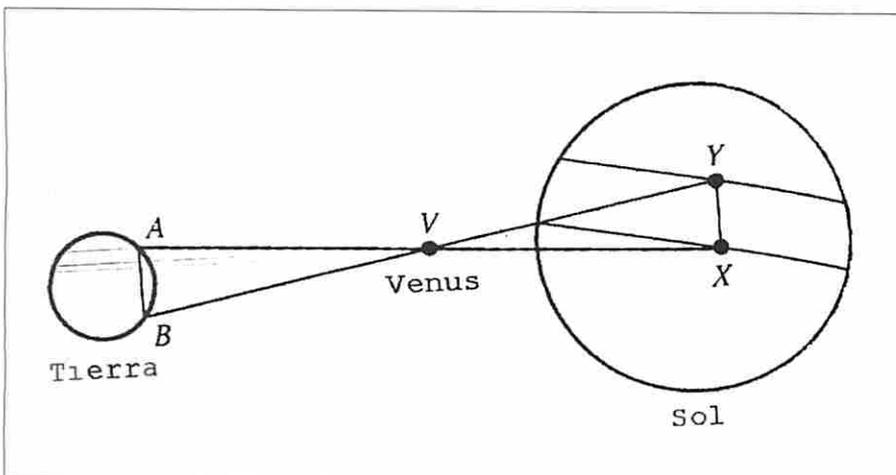


Figura 3.

actualmente. A la ausencia de algún instrumento para la medida de pequeños ángulos se añadía el hecho de que el halo brillante que los rodeaba enmascaraba el verdadero diámetro de los planetas, algo que ya advirtió Galileo en cuanto comenzó a utilizar el anteojo con fines astronómicos; aunque en un primer momento no fue muy escuchado.

La observación del tránsito de Mercurio se pudo conseguir gracias a que algunos astrónomos situaron un anteojo en el orificio, con el fin de ampliar la imagen. Así, se observó en Alsacia, en Ingolstadt y en París, desde donde Pierre Gassendi anotó que Mercurio presentaba el sorprendente diámetro aparente de unos 12", mucho menor que el esperado. Por su parte, Jeremiah Horrocks, quien observó el tránsito de Venus de 1639 desde Inglaterra, encontró que el de Venus era de menos de 1' (el diámetro aparente del Sol es de unos 30"). Estas medidas se vieron grandemente facilitadas cuando, hacia 1640, William Gascoigne situó unos hilos en el foco del telescopio y les dotó de movilidad, inventando el micrómetro. De instrumento cualitativo, el telescopio pasaba con esto a convertirse en instrumento de medida, pues el micrómetro permitía la determinación de ángulos muy pequeños; además el telescopio así dispuesto podía acoplarse a un círculo graduado para tomar otras medidas angulares.

Así las cosas, se ofreció una nueva oportunidad de medir la paralaje de Marte en 1672, dada la

proximidad del planeta a la Tierra. Para ello convenía realizar observaciones simultáneas desde dos lugares alejados entre sí, y la Academia de Ciencias francesa organizó una expedición a Cayena, a unos 5° al norte del Ecuador, y hacia allí partió el astrónomo Jean Richer. El resultado, cuando se compararon sus observaciones con las europeas, dio una paralaje horizontal para Marte de unos 25", lo que suponía una paralaje solar de 9,5", es decir, una distancia solar media de unos 21.600 radios terrestres. La medida de la paralaje de Marte, no obstante, era incierta, pues quedaba justo en los límites de la capacidad de medida de los instrumentos empleados; no obstante, lo que sí descartaba era una paralaje solar del orden de minutos de arco.

De este modo se había llegado a determinar un orden de magnitud correcto para la distancia al Sol, pero la cuantía de esta distancia quedaba todavía sin resolver. Por ejemplo, en las sucesivas ediciones de los *Principia* y de la *Óptica*, Newton empleó para la paralaje solar diferentes valores que oscilaban entre los 10" y los 13". Lo único que se sabía positivamente por entonces era que la paralaje solar no podía exceder de los 15" (anticiparé aquí que el valor actual es de 8,8" o, para ser más precisos, de 8",794148).

Como se dijo al principio, el conocimiento de este valor era importante para la corrección de las tablas astronómicas, tanto más

cuanto que se trataba de un momento en que el empleo de miras telescópicas había aumentado notablemente la precisión de las medidas. En este escenario, Edmond Halley, quien había observado desde la isla de Santa Helena el tránsito de Mercurio de 1677, apoyó decididamente una idea que ya había sido sugerida por su compatriota James Gregory: la utilidad de los siguientes tránsitos de Venus, en 1761 y 1769, para la determinación de la paralaje solar. El método que propuso, desarrollado en dos artículos publicados en 1691 y 1716, consistía en observar el tránsito desde dos lugares alejados, anotando los instantes en que el planeta entraba y salía del disco solar (fig. 3). En esencia, se trataba de determinar la distancia XY entre las trayectorias del planeta observadas desde dos lugares A y B. Corregidos de los movimientos de la Tierra, estos tiempos eran proporcionales a las trayectorias de Venus sobre el disco solar, y estas trayectorias permitían localizarlas en la superficie del Sol. Por la tercera ley de Kepler, se conocía la razón entre las distancias de la Tierra y de Venus al Sol, por lo que se conocía la razón entre AX y VX, que era la misma que entre AB y XY. Conociendo, así, la distancia en millas entre A y B, se conocía la que existía entre X e Y. Expresando XY en medida angular como una fracción del diámetro del Sol, se llegaba a conocer este diámetro en millas, y con esto la distancia

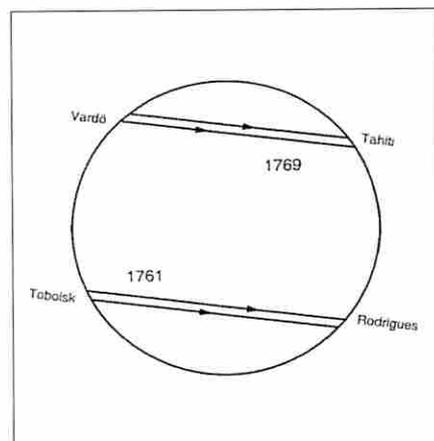


Figura 4.

del Sol a la Tierra. La observación requería, pues, sólo el concurso de un buen telescopio y de un buen reloj, que en la época consistía en un reloj de péndulo que pudiese marchar con exactitud durante algo así como ocho horas; y algún otro instrumento, preferentemente un cuarto de círculo portátil, para obtener la hora local mediante observaciones de alturas del Sol.

De lo dicho se ve por qué los tránsitos de Venus resultaban preferibles a los de Mercurio, pues éste se halla más cerca del Sol, y así la separación entre X e Y es menor; en el caso de Venus ya resulta bastante pequeña, pues es del orden de 1/50 parte del diámetro del Sol. Anticipando acontecimientos, se pueden ver representados en la fig. 4 los recorridos de Venus sobre el disco solar de 1761 y 1769 tal como se observaron en las estaciones más alejadas en que se observó el planeta en estos dos tránsitos; la separación es muy pequeña.

El método de Halley fue vivamente defendido por Joseph-Nicolas Delisle (1688-1768), quien publicó diversos artículos y mantuvo una viva correspondencia con otros astrónomos para preparar la observación. Dado el método expuesto por Halley, restaban todavía otros problemas por resolver, como el de tratar de mejorar las tablas de Venus para predecir los mejores lugares para la observación; la fig. 5 muestra el mapa que se realizó con ocasión del tránsito de 1761. Por otra parte, Delisle simplificó el método de Halley, estableciendo que bastaría con observar el momento del ingreso o de la salida de Venus en el disco solar. Pues en los lugares en que Venus trazase sobre el Sol una línea más larga, el tránsito comenzaría antes, y la diferencia en los tiempos detectada desde dos lugares distintos de observación resultaba proporcional a la longitud de las trayectorias.

Así las cosas, los astrónomos se movilizaron para conseguir fondos que financiaran sus expediciones.

El momento no era muy propicio, pues Gran Bretaña y Francia se habían enzarzado, en 1756, en la Guerra de los Siete Años, y los desplazamientos podían resultar problemáticos, como en efecto lo fueron algunos. Aparte de estos desplazamientos, el tránsito se observaría, naturalmente, en todos los lugares donde fuese visible y hubiese establecido un Observatorio, o se hallase un aficionado provisto de los instrumentos necesarios. La amplia publicidad que se dio al fenómeno aseguraba que las instrucciones precisas para su observación llegasen a casi todas partes. Pero la parte más destacada fue la coordinación internacional, y dentro de ella la movilización de diversos astrónomos fuera de sus países de origen, cuyos lugares de destino se muestran en la fig. 6. Por parte francesa, la Academia organizó tres expediciones y lo que cabría calificar de una excursión. Llamo excursión al desplazamiento de Cassini de Thury al Observatorio que la Compañía de Jesús tenía en

Viena, donde realizó la observación junto a su director, el P. Maximilian Hell, y el Archiduque José de Austria. Las expediciones llevaron a Le Gentil (su largo nombre era Guillaume-Joseph-Hyacinthe-Jean-Baptiste Gentil de la Galaisière) a Pondicherry, en la India, una posesión francesa; a Jean-Baptiste Chappe d'Auteroche a Tobolsk, en Siberia, al este de los Urales; y a Alexander-Gui Pingré a la Isla Rodríguez, en el océano Índico, a unas 800 millas al este de Madagascar.

Ni Cassini ni Chappe, quien viajó en respuesta a una invitación de la Academia de Ciencias de San Petersburgo, encontraron contratiempos ni en el viaje ni en la observación. Pingré y Le Gentil fueron menos afortunados. Pingré navegó tranquilo hasta doblar el cabo de Buena Esperanza, en el extremo meridional del continente africano. Pero pocos días después su barco avistó buques ingleses, que afortunadamente pudo eludir. Después encontró otro barco fran-

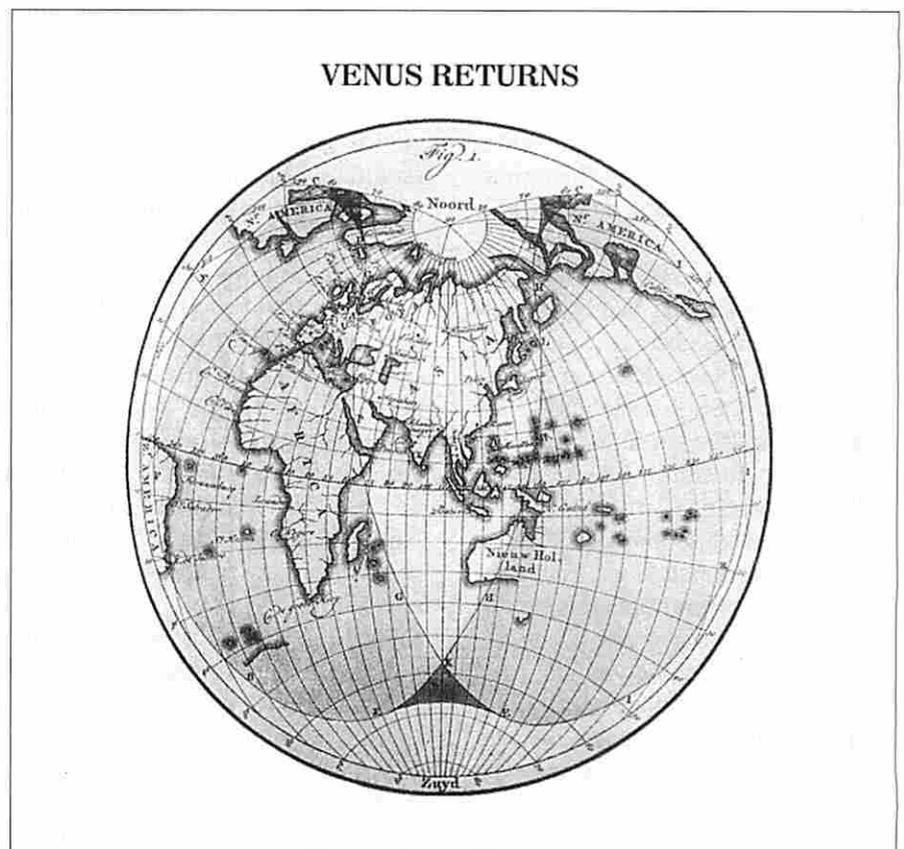


Figura 5. Mapa de la época mostrando los lugares donde se podía observar el tránsito de Venus en 1761.

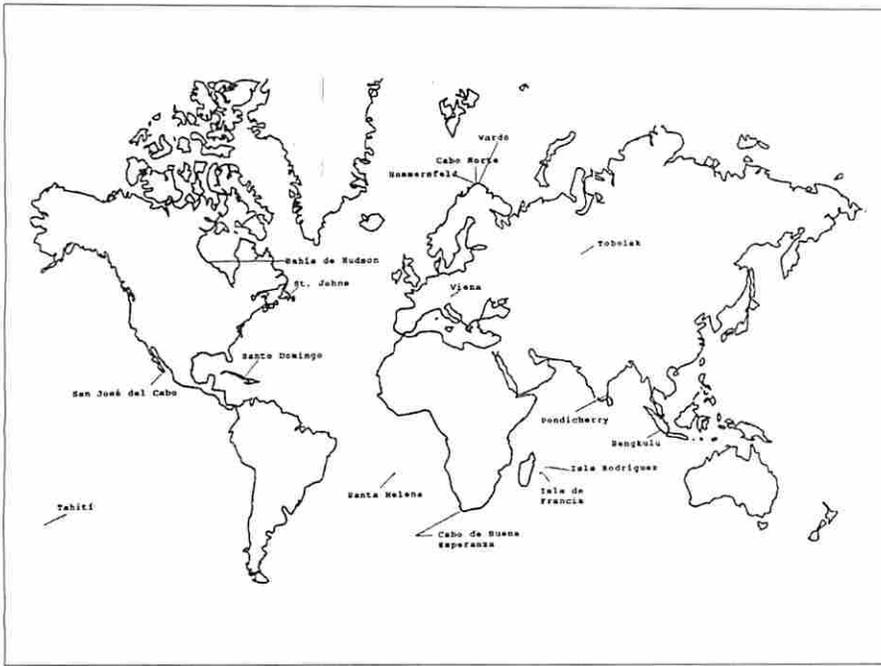


Figura 6.

cés, que se había encontrado con los ingleses y se hallaba algo malparado. Su capitán, con mayor mando, ordenó que el buque en el que viajaba Chappe le acompañase, sin que sirviesen de nada las protestas del astrónomo. De modo que tuvo que desembarcar en la Isla de Francia —la actual isla Mauricio— para embarcar de nuevo desde allí a su destino, en el que desembarcó con sólo nueve días de antelación al tránsito, cuya observación preparó apresuradamente. Desgraciadamente, el mal tiempo le hizo perder tanto el ingreso como el egreso, y tuvo que contentarse con la medida de algunas distancias de Venus al borde del Sol en los intervalos en que las nubes se lo permitieron. No acabaron aquí sus problemas, pues antes de emprender el regreso un buque inglés bombardeó el asentamiento y saqueó la isla. El precavido Pingré había tomado la iniciativa de solicitar del gobierno inglés un salvoconducto que le fue concedido de buen grado, pero del que el capitán inglés hizo caso omiso. Así, los franceses quedaron confinados en la isla unos tres meses antes de ser socorridos con algunas provisiones por otros buques ingleses que recalaron en la isla y cuyos mandos se mostraron más amables. Finalmente, rescatado y de nuevo en la Isla de Francia, embarcó para

el regreso y de nuevo se topó con los ingleses. Su buque fue capturado y tuvo que desembarcar en Lisboa, desde donde llegó a París viajando por tierra. En fin, tal como relataría el astrónomo, volvió a pisar suelo francés después de 1 año, 3 meses, 18 días, 19 horas y 53 minutos y medio de su partida.

La expedición de Le Gentil, quien partió tempranamente, haciéndose a la mar desde Brest el 26 de marzo de 1760, fue más desgraciada. Llegó sin grandes incidencias a la Isla de Francia para enterarse allí de que Pondicherry estaba sitiada por los ingleses. La flota de socorro en la que Le Gentil pensaba embarcarse fue dañada por un huracán, y el astrónomo consideró entonces la posibilidad de desplazarse a Batavia (la actual Yakarta, al noroeste de la isla de Java). Pero el barco en el que iba a embarcar suspendió el viaje. De todos modos, Le Gentil recobró la posibilidad de viajar a Pondicherry en una nueva flota de socorro. Todavía faltaban tres meses para el tránsito. Pero el mal tiempo originó retrasos, y al aproximarse el buque en el que viajaba a la costa malabar se supo que Pondicherry había sido finalmente tomada por los ingleses, por lo que se emprendió el regreso. Con un tiempo por otra parte magnífico, Le Gentil

tuvo que observar el tránsito desde el océano, lo que no servía de nada. Había perdido la observación.

Por su parte, la Sociedad Real de Londres logró financiación para dos viajes, uno a la isla de Santa Helena, a casi 2.000 km al oeste de la costa sudoccidental africana, y otro a Bencoolen (también llamado actualmente Bengkulu), en la isla de Sumatra. A Santa Helena fue el que después sería nombrado astrónomo real inglés, Nevil Maskelyne. Para la segunda expedición fue nombrado Charles Mason. Si Maskelyne no encontró inconvenientes en su viaje, el buque de Mason se encontró, nada más partir, con otro francés. El combate se saldó con 11 muertos y 37 heridos, muchos de ellos mortalmente. El barco, por otra parte muy dañado, tuvo que regresar a puerto. Realizado un nuevo intento, Mason tuvo que detenerse en el cabo de Buena Esperanza, pues Bengoolen había sido tomada por los franceses. Finalmente, una tercera expedición —más bien una excursión, como en el caso de Cassini— fue organizada en las colonias americanas, desde la universidad de Harvard, a Saint Johns en Terranova. Allí se desplazó John Winthrop, profesor de matemáticas y filosofía natural.

Como se mencionó, esto sólo se refiere a las expediciones; en conjunto, se han contabilizado 120 observadores en 62 lugares distintos. Por parte española el jesuita P. Christian Rieger realizó la observación desde el Colegio Imperial de Madrid; pero otras dos observaciones españolas no han sido contabilizadas en la lista anterior, la de Gerardo Henay y Vicente Tofiño desde el Observatorio de Guardias Marinas de Cádiz y la de Carlos Lemaury desde Madrid. La primera, cuyos resultados se comunicaron por la vía de la correspondencia, se sumó a tantas otras observaciones no contabilizadas por no haber dado lugar a publicación. Pero Carlos Lemaury publicó la suya acompañada de un *Discurso sobre la astronomía*, así que en

justicia deberíamos elevar la lista cuanto menos a 121 observadores. Como era de esperar, este conjunto de observaciones no arrojó un valor unánime, y los astrónomos que analizaron los resultados obtuvieron para la paralaje solar valores que iban desde los 8",28 a los 10",60. Pues a la hora de determinar el momento del contacto de Venus con el disco del Sol se había presentado un fenómeno inesperado, conocido como de la "gota negra", que dificultaba tal determinación. Este efecto, de duración variable, según los distintos observadores, entre unos pocos segundos hasta incluso un minuto, consiste en que en el contacto interior Venus no se separa repentinamente del borde del Sol, sino que el disco del planeta parece prolongar el contacto, adoptando una forma similar a la de una gota antes de desprenderse, hasta que finalmente Venus se separa del borde; lo mismo sucede al salir del tránsito. En esta ocasión se descubrió que Venus tiene una atmósfera, a la que podía achacarse cuanto menos una parte del efecto. Otro problema radicó en la incertidumbre en la determinación de la longitud geográfica de los lugares de observación. Todavía, en esa época, subsistía una incertidumbre de unos 20" en la diferencia de longitud entre dos Observatorios tan destacados como los de Greenwich y París.

Animosamente, la comunidad astronómica sostuvo la esperanza de que en el tránsito de 1769 los resultados fuesen mejores. En esta ocasión el escenario no era, como en 1761, una gran parte de Asia y del océano Índico, sino el Pacífico y algunas tierras del ártico y la parte occidental de América del Norte. Por parte inglesa, William Bayley, asistente de Maskelyne, y Jeremiah Dixon, quien actuase de asistente de Mason en la expedición de 1761, fueron enviados a Noruega, el primero al Cabo Norte y el segundo a la cercana isla de Hammerfest. Otra expedición fue enviada a la Bahía de Hudson. Y

una última expedición, al mando de James Cook —el famoso explorador del Pacífico—, y en la que habían embarcado el astrónomo Charles Green y el naturalista Joseph Banks, partió a los Mares del Sur para observar el tránsito desde la recién descubierta isla de Tahití. El P. Hell, a invitación del rey de Dinamarca y Noruega, se desplazó a la isla de Vardö. En cuanto a los franceses Le Gentil, decepcionado por su fracaso en observar el primer tránsito, decidió permanecer en la zona y observar el nuevo tránsito desde Pondicherry, adonde arribó esta vez con 14 meses de anticipación. Pingré se unió a la expedición bajo el mando del caballero de Fleurieu, destinada a probar los cronómetros marinos franceses, observando el tránsito desde Santo Domingo. Y finalmente el abate Chappe viajó a California, acompañado de dos marinos españoles.

Las observaciones inglesas se desempeñaron sin novedades, salvo por el fallecimiento de Green en el viaje de retorno. También la de Pingré. Pero la mala suerte se cebó en Le Gentil, a quien una nube ocultó el tránsito. Una breve y desamparada frase servía de colofón en su relato a tan desgraciada circunstancia:

"Es ésta la suerte que espera a menudo a los Astrónomos. He hecho casi diez mil leguas; parece que he atravesado un tan gran espacio de mares, exiliándome de mi patria, sólo para ser espectador de una nube fatal, que vino a presentarse delante del Sol en el momento preciso de mi observación, para llevarse el fruto de mis penalidades y de mis fatigas." (Cit. en H. Woolf, p. 155).

Tras, tal como contó él mismo, 11 años, 6 meses y 13 días de ausencia, pisó de nuevo suelo francés, dos años después de la fallida observación del tránsito, para encontrarse con que se le había dado por muerto y que sus herederos estaban dividiéndose sus propiedades; recuperarlas le costó bastante dinero en acciones legales.

Resta, por último, comentar la participación española, en la cual se integra el viaje de Chappe a California. Con antelación al tránsito, tanto ingleses como franceses habían solicitado al gobierno español la autorización para pasar a realizar la observación en territorios americanos. Pero antes conviene comentar la variada índole de los trabajos realizados en estas expediciones. Por lo general, los ingleses cumplieron simplemente con su cometido, realizando las observaciones astronómicas y retornando a casa; el viaje de Cook es cosa aparte, pues incorporaba una agenda secreta con misiones de exploración del Pacífico y de búsqueda del supuesto continente austral. Los franceses, por su parte, extendieron sus actividades a campos muy diversos, escribiendo y por lo general publicando a su retorno voluminosas relaciones de sus viajes, en las que registraron las menores incidencias, acompañándolas de noticias geográficas, etnográficas y de historia natural. Por ejemplo Pingré, en su viaje a la isla Rodríguez, se preocupó de recoger muestras de vida animal y vegetal en la Isla de Francia y en la Isla Rodríguez, y en compañía de los oficiales del buque cartografió esta última isla y las adyacentes. También se preocupó de realizar, en su viaje de ida, observaciones astronómicas conducentes a la determinación de la longitud geográfica del buque, un acuciante problema que en ese momento estaba en vías de resolverse. No se ruborizó al señalar en esa ocasión en su diario (probablemente, estos comentarios no estaban destinados a ser publicados) que, en los aburridos pero duros días de navegación, las bebidas alcohólicas constituyeron una ayuda: "Los licores —escribió— "nos dan la fuerza necesaria para tomar una distancia de la Luna al Sol", un proceder que calificó de "toma Astronómico-Báquica de alturas", aunque afirmó que éstas las tomó "no con la botella, sino con el octante". En este sentido, el inglés Maskelyne debió riva-

lizar con él, pues en su nota de gastos los destinados a licores superaron a todos los demás. Es algo que ha llamado la atención de algunos historiadores, pero hay que tener en cuenta que en la época se bebía mucho a bordo de los buques, entre otras por la sencilla razón de que el agua embarcada se corrompía con frecuencia antes de que se pudiese aterrizar para renovarla. En ocasiones podían transcurrir hasta más de dos meses antes de que se pudiese abordar alguna costa. El duro precio a pagar eran el escorbuto y la disentería, que diezmaron a muchas tripulaciones.

Anécdotas aparte, esta actitud ilustrada de los expedicionarios no resultaba siempre deseable para todos. Particularmente para España, que sentía la amenaza nunca despejada sobre sus posesiones coloniales y su comercio, y más cuando Inglaterra y Francia llevaban a cabo activas exploraciones en el Pacífico. Cuando desde la Real Sociedad inglesa y la Academia de Ciencias francesa se solicitó permiso al gobierno español para pasar a realizar la observación en territorios americanos, nuestro sabio y marino Jorge Juan, quien ya había tenido ocasión de acompañar a otros académicos franceses en una expedición geodésica a la actual República de Ecuador para realizar mediciones geodésicas conducentes a determinar la figura de la Tierra, informaba que:

“El celo de servicio de estos señores consiste en hacer cuanto es posible: no queda puerto, fortificación, camino, población o desierto que no quieran examinar, sacar plano de ello, y dar las más individuales noticias de todo al público: Esto en ningún modo conviene (...)” [Archivo Museo Naval de Madrid, ms. 812].

La Real Sociedad había pensado en el P. Rudger Bosovich, conocido jesuita radicado en Italia, para la expedición a las colonias españolas, pero la idea tuvo que ser abandonada cuando Carlos III promulgó la expulsión de la Compañía en 1767. Una nueva propuesta solici-

tando permiso para el desplazamiento de dos astrónomos fue rechazada por el Consejo de Indias, que veía con grandes sospechas este viaje, aduciendo que no faltaban españoles capacitados para realizar la observación. También la Academia de Ciencias francesa hizo gestiones para que se desplazase el abate Chappe, en este caso con mejor éxito, pues se resolvió que éste fuese invitado a acompañar a dos marinos españoles para realizar la observación en California. Por las razones arriba expuestas, se rechazó el Pacífico sur, así como todas las supuestas ventajas para la geografía y la navegación que se alegaron para el caso; el académico francés debía limitarse a realizar la observación del tránsito, y nada más.

Chappe fue acompañado por los marinos españoles Vicente Doz y

Salvador Medina, a quienes se les procuró un equipo de instrumentos para la observación, al margen de los que llevase el grupo francés. Salieron de Cádiz el 21 de diciembre de 1768, y tras 77 días de navegación llegaron sin mayores incidentes a Vera Cruz; cruzaron el territorio mexicano en 28 días y arribaron a San Blas, en la costa del Pacífico, el 15 de abril, desde donde embarcaron para la península californiana cuatro días después (fig. 7). A partir de ahí, vientos contrarios y calmas dificultaron la travesía, hasta que, finalmente, el 18 de mayo se avistó la costa californiana al nordeste del cabo San Lucas, que era su lugar de destino. Siendo el tránsito el 3 de junio, Chappe insistió en el desembarco en esa costa, de la que estaba cercana la misión de San José del Cabo, y su deseo prevaleció sobre

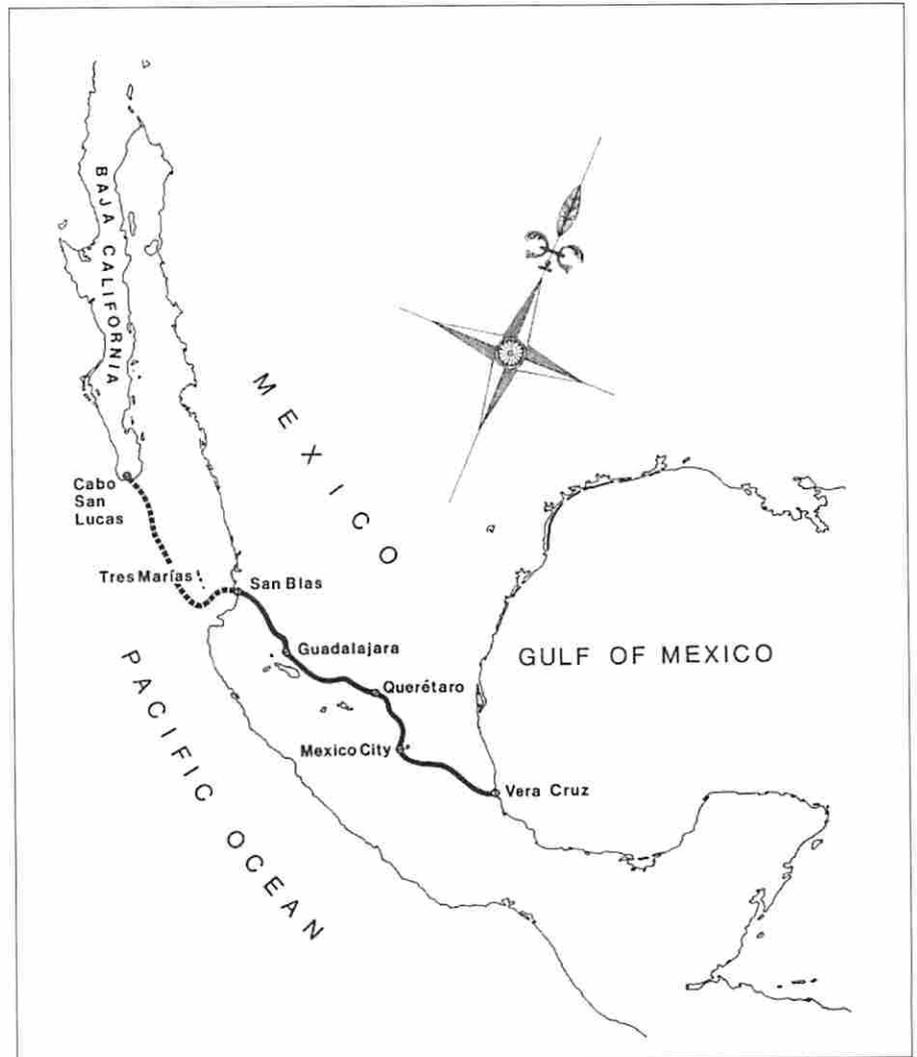


Figura 7. Trayecto de la expedición de Chappe, Doz y Medina, según D.B. Nunis.

Entrada de Venus en el disco del Sol	Chappe	Doz	Medina
Primer contacto	11 ^h 59 ^m 17 ^s	11 ^h 59 ^m 14 ^s	11 ^h 59 ^m 18 ^s
Segundo contacto	0 ^h 17 ^m 26 ^s	0 ^h 17 ^m 25 ^s	0 ^h 17 ^m 30 ^s
Salida de Venus del disco del Sol			
Primer contacto	5 ^h 54 ^m 50 ^s .3	5 ^h 54 ^m 47 ^s .5	5 ^h 54 ^m 47 ^s .5
Segundo contacto	6 ^h 13 ^m 19 ^s .1	6 ^h 12 ^m 41 ^s	6 ^h 12 ^m 46 ^s

	Chappe	Doz y Medina
Latitud del Cabo San José	23° 17' 27"	23° 5' 15"
Longitud del Cabo San José	No se da	7 ^h 28 ^m 17 ^s 1/2
Ingreso	0 ^h 17 ^m 27 ^s	0 ^h 17 ^m 25 ^s
Egreso	5 ^h 54 ^m 50 ^s 3/10	5 ^h 54 ^m 44 ^s 1/2
Duración del tránsito	5 ^h 37 ^m 23 ^s 2/10	No se da
Paralaje de Venus	0° 0' 8"1/2	0° 0' 8"1/4

Fuente: D. B. Nunis, p. 68

Tabla I. Observaciones de Chappe, Doz y Medina.

la opinión de los españoles, quienes tuvieron que ceder. Chappe sabía bien qué arriesgaba, pues una epidemia de tifus estaba asolando el lugar, habiendo fallecido ya a causa de la misma un tercio de su población; pero el temor a perder el tránsito prevaleció. Obtuvo así una buena observación, pero pagó por ello con su vida, así como Salvador Medina y gran parte del resto del grupo expedicionario.

Dado que Chappe y los oficiales españoles, dotados cada uno de un juego completo de instrumentos, decidieron realizar la observación por separado, la comparación servirá para mostrar la dispersión de los datos que se podía esperar según los distintos observadores. Los datos se muestran en la Tabla I. Hay que añadir que la calidad de los instrumentos empleados en ambos casos era más o menos comparable. Chappe llevó consigo un cuarto de círculo de tres pies de radio de Canivet, otro cuarto de

círculo inglés de 18 pulgadas, dos telescopios acromáticos de Dollond, de tres y diez pies de foco, un instrumento de tránsitos y un reloj de péndulo de Bertohud. Doz y Medina llevaban un cuarto

de círculo de Bird de dos pies de radio, un antejo no acromático de 14 pies de foco, y otro acromático de diez pies, posiblemente de Dollond, así como un péndulo de Ellicott. La fig. 8 muestra un dibujo de la disposición del observatorio que se montó para la ocasión. El tránsito, por parte española, fue observado asimismo por Vicente Tofiño y Gerardo Henay desde Cádiz, por José Ignacio Bartolache y José Antonio Alzate y Ramírez en México, así como por Joaquín Velázquez de León en Santa Ana, en California. En total, computando observaciones publicadas, el tránsito fue observado por 151 observadores desde 77 estaciones.

El resultado final de los distintos análisis realizados del conjunto de las observaciones arrojó valores que variaban entre los 8",43 y los 8",80, dependiendo del peso que los analistas otorgasen a las distintas observaciones. No fue, en conjunto, un mal resultado, dado sobre todo el efecto perturbador ya comentado de la "gota negra", aunque se hubiese pretendido más exacto. De hecho, con mejores procedimientos para el tratamiento de los datos y determinaciones actualizadas de posición de las estaciones, en el siglo XIX el astrónomo Simon Newcomb obtuvo de ellos una paralaje de 8",79,

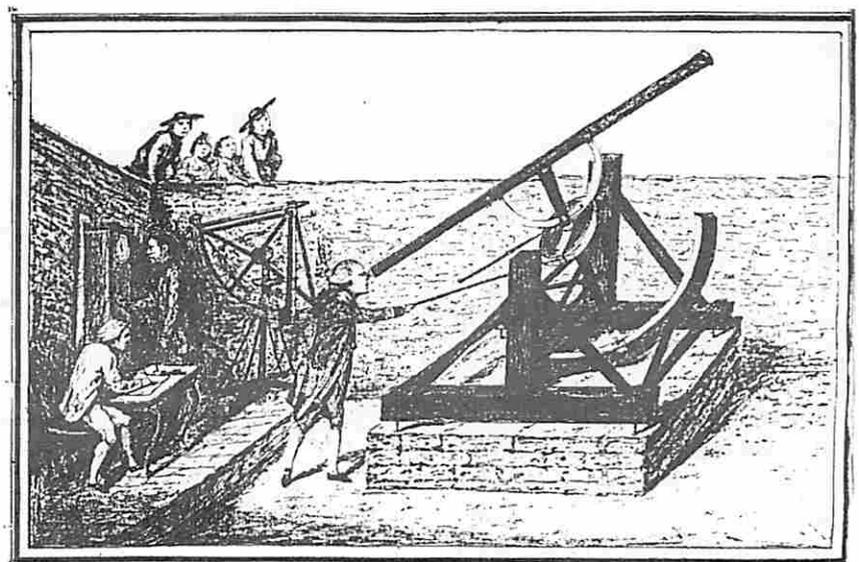


Figura 8. Observatorio de Doz y Medina en la expedición a California (Cortesía del Archivo General de la Marina "Álvaro de Bazán").

valor muy próximo al aceptado actualmente.

Cabría esperar que en los tránsitos del siglo XIX fuesen mejor las cosas. Éstos se produjeron en diciembre de 1874 y 1882. Ahora estaba en juego algo más que las distancias dentro del Sistema Solar: la distancia a las estrellas más próximas, pues en 1838 Friedrich Wilhelm Bessel había podido medir la primera paralaje estelar, la de la estrella 61 Cygni, y para entonces ya se habían medido las de una veintena más de estrellas. Para ello empleó como base la distancia entre dos puntos opuestos de la órbita terrestre, es decir, que realizó las observaciones con seis meses de intervalo. En esta ocasión se esperaba que la fotografía pudiese eliminar el problema que suponía la gota negra a la hora de determinar los instantes de entrada y salida de Venus. No fue así; ni tan siquiera contando con la placa fotográfica se pudieron eliminar los efectos combinados de las atmósferas de Venus y de la Tierra. El resultado, en 1874, quedó entre los márgenes de los $8''{,}79$ a los $8''{,}83$. De modo que el tránsito de 1882 fue observado ya con muchas menores expectativas. Si había que avanzar en el número de decimales significativos de la cifra que da la paralaje solar (¡comenzando por el primero!), tendría que ser ya por otros métodos, sin esperar al siguiente tránsito, que es ya el actual, y con el que termina nuestra historia.

Este género de exposiciones suele rematarse con una consideración final que, en fin de cuentas, depende del tipo de historia de la ciencia que esté a la moda y del talante de quien la expone. Así, se puede destacar el carácter heroico de las expediciones, los aspectos internacionales de la empresa, la relativa precisión alcanzada en la medida o los beneficios que la geografía y la historia natural obtuvieron de estos esfuerzos. Más modesto, y al servicio de la memoria histórica en una efemérides como la actual, yo me contento con haber resucitado aquí, aun de manera

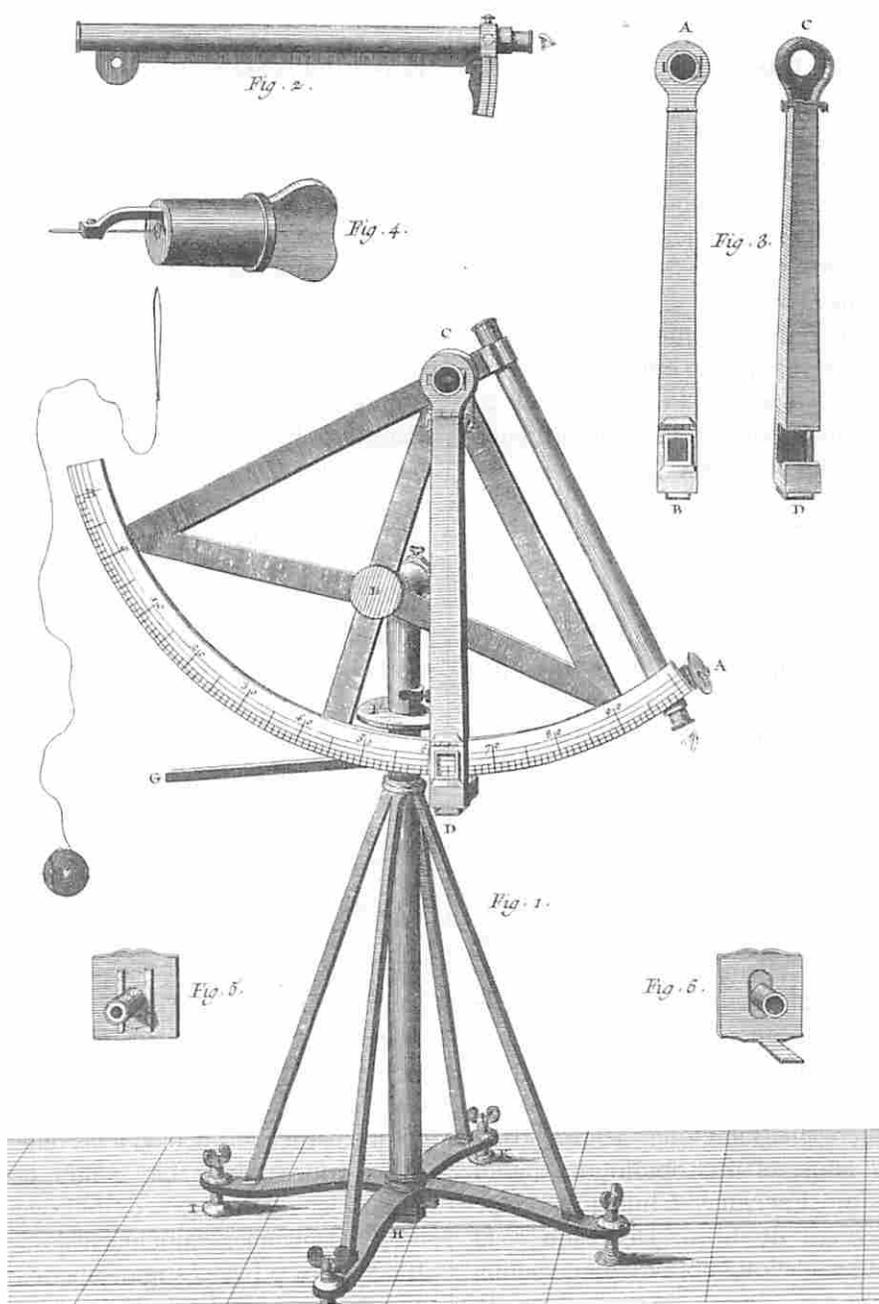


Figura 9. Cuarto de círculo móvil, de l'Encyclopédie de Diderot y d'Alembert.

harto sumaria, una pequeña parcela del pasado de nuestra ciencia.

Bibliografía

- Maor, Eli, *June 8, 2004. Venus in Transit*, Princeton: Princeton Univ. Press, 2000.
- Nunis, Doyce B., Jr., *The 1769 Transit of Venus. The Baja California Observations of Jean-Baptiste Chappe d'Auteroche, Vicente de Doz, and Joaquín Velázquez Cárdenas de León*, Los Angeles: Natural History Museum, 1982.

Van Helden, A., *Measuring the Universe: Cosmic Dimensions from Aristarchus to Halley*, Chicago y Londres: The Univ. of Chicago Press, 1985.

Woolf, Harry, *The Transits of Venus. A Study of Eighteenth-Century Science*, Princeton (N. J.): Princeton Univ. Press, 1959.

Manuel A. Sellés
Dpto. de Lógica, Historia y
Filosofía de la Ciencia