

cualquier otro lugar en el planeta. Por lo tanto, si se intenta salir de la información de que “informo lo que informa el que informa”, es necesario levantar un testimonio que evidencie, lo mejor y claramente posible, que este fue el eclipse que informó Juan Ponce de León. Para ello debemos encarar estas lagunas con la ayuda de la astronomía matemática y remontarnos a las posiciones del Sol y la Luna en el siglo XVI para poder descifrar lo que ambos teóricos significan.

Astronomía de sombras

El primer gran misterio que confrontamos es la latitud, y el segundo, como hemos adelantado, la longitud. Estos dos puntos, o líneas, que se intersectan en el mapa terráqueo fueron —y, en cierto sentido, siguen siendo, aunque en menor grado— dolores de cabeza perennes para el geógrafo y el astrónomo. La Corona española, con la intención de delimitar sus extensos confines, se propone, a finales de siglo XVI, obtener una visión cosmográfica de todos sus dominios, incluyendo la determinación de las coordenadas geográficas de cada asentamiento español. Esta empresa queda en manos de los cosmógrafos del Consejo Real de Indias. Si bien este cuerpo, tan importante para la administración colonial española, pudo haber obtenido estos datos en aquella época, poco se ha sabido en Puerto Rico, hasta estos momentos, sobre los resultados.

En 1989, desde la ciudad de Bethesda (Maryland), muy lejos ya de la antigua Sevilla, el Dr. José G. Rigau encontró la siguiente referencia de unos documentos que llamaron su atención, en una obra del “Coloquio sobre historia de la ciencia hispanoamericana” de 1976: *Patronato. Leg. 175, Ramo 40 – Observación astronómica de la luna hecha en Puerto Rico, demostrada con círculos, y Mapas y planos. Observación astronómica de la luna hecha en Puerto Rico, demostrada con círculos. Teóricos 1 y 2*. Muy interesado en el tema, pero sin conocer que ya se conocía la existencia de los mismos, rápidamente solicitó copia a la directora del Archivo General de Indias, la Sra. Rosario Parra Cala. Las reproducciones fueron hechas sin demora, y la Sra. Parra constata que junto al legajo no figura ninguna documentación aneja⁹. Sin embargo, estos teóricos, ambos atribuidos a observaciones de la Luna, responden a los documentos que debieron haber ido adjuntos a la Memoria de Melgarejo enviada al Consejo Real de Indias el 1 de enero de 1582 desde la ciudad de Puerto Rico por el recién nombrado gobernador de la Isla, el capitán Juan López Melgarejo. Esta inapropiada identificación probablemente ha sido la responsable de que generalmente sólo se mencione la existencia de la observación del eclipse de Luna (o, equivocadamente, a un eclipse de Sol, como es el caso de Gutiérrez del Arroyo¹⁰). No obstante, como posteriormente se pudo descifrar, y probaremos en este trabajo, el otro diagrama corresponde a unas lecturas de Sol. En adición a lo previamente citado, que además es una clasificación que les fue otorgada en algún momento posterior a su autoría, ambos teóricos carecen de mayores datos explícitos que permitan corroborar la procedencia de los mismos.

Pero la Instrucción de la *Memoria de Melgarejo*, que, de igual forma, interesa que se provea la latitud, en nuestro caso, de Puerto Rico, no es la responsable de estas observaciones astronómicas, sino que responden a una instrucción atribuida al año de 1580 y cuyo título es más que explícito: “Instrucción para la observación del eclipse de la Luna y cantidad de las sombras que Su Majestad manda hacer el año de mil y quinientos y ochenta y uno en las ciudades y pueblos de españoles de las Indias para verificar la longitud y altura de ellos, que aunque pudiera haber otros medios matemáticos para ello, se han elegido por más fáciles los que se siguen”¹¹. Esta instrucción requería que se hicieran dos instrumentos rústicos y muy sencillos para llevar a cabo las observaciones,

⁹ Actualmente, estas reproducciones fotográficas figuran en la colección de documentos coloniales del Centro de Investigaciones Históricas (UPR, Río Piedras).

¹⁰ Véase nota 1. Esto también indica que pocos, si no ninguno, corroboró esta observación anteriormente.

¹¹ Versión modernizada del título de la instrucción. En el Apéndice 1 incluimos una transcripción de esta instrucción.

además de señalar el método a seguir y en la fecha en que debían hacerse las mismas.

El primer instrumento descrito corresponde al que hubiese sido utilizado para la observación de Sol, que también debía ser, según las instrucciones, la primera de las observaciones. Con él se mediría la sombra de un estilo, o gnomón, proyectada por el Sol en el momento de la salida, mediodía y puesta del astro, un día o dos antes del eclipse de Luna de la noche del 15 de julio de 1581. Consistía de dos círculos concéntricos dibujados —usando un compás— sobre un plano cuadrado de una vara¹² de largo y ancho, hecho a nivel sobre un área abierta y sin obstáculos al horizonte. El círculo interior tendría un radio de un tercio de vara, mientras que el otro mediría media vara, o como se expresa en la instrucción, una tercia de vara y tercia y media, respectivamente. Al centro de dichos círculos, se colocaría un estilo, cuya longitud sobre el plano debía ser de un tercio de vara. La sombra de éste se proyectaría sobre el plano, y con ello se harían las medidas correspondientes a las posiciones del Sol en los momentos indicados.

Después de su salida, se observaría el Sol hasta el instante en que la sombra del estilo tocara la línea del círculo mayor, momento en el cual se haría una raya que marcara la extensión de la sombra. Este mismo procedimiento se repetiría cuando la sombra alcanzara el círculo menor; luego, se continuaría observando el avance de la sombra hasta que adquiriera su menor extensión. Esto último designaría el punto máximo del Sol, que demarca el mediodía natural¹³ del lugar desde el cual se efectúa la observación. El procedimiento debía continuarse para marcar la salida de la sombra de cada uno de los círculos, según cayera el astro.

Al final del día, las marcas resultantes servirían, posteriormente, para determinar y trazar el meridiano y los puntos cardinales este y oeste del lugar de la siguiente manera: partiendo de las rayas correspondientes a las sombras, se buscaría un punto medio a lo largo de la circunferencia de cada círculo en ambas direcciones, y se haría una marca para cada uno. Retirando el estilo del centro de los círculos, con una regla, se trazaría una línea derecha desde el punto medio del círculo exterior, pasando por el punto medio del círculo interior, el punto central —de mediodía— y el punto donde estuvo localizado el estilo. Esta nueva línea se proyectaría hasta tocar el extremo opuesto de cada círculo, y orientada de norte a sur, representaría el meridiano del lugar de observación. Seguido, se buscaría otro punto medio, partiendo desde los puntos norte y sur, y se trazaría otra línea, esta vez para marcar el “Oriente y Poniente” (este y oeste) del lugar de observación. Resultaría, pues, que el plano —y cada círculo— quedaría dividido en cuatro partes, o cuadrantes, iguales. Del centro de los círculos (el punto donde estuvo ubicado el estilo) hasta la marca del punto del mediodía se obtendría la separación angular del Sol (su declinación), tomada desde el cenit, de la cual se derivaría, trigonométricamente, la medida de la latitud del lugar (procedimiento que explicaremos más adelante).

Los datos obtenidos se pasarían a un papel en el que se dibujarían dos rayas: una del largo de la sombra del estilo al punto del mediodía, y otra del largo del estilo. Cada línea se identificaría debidamente; también se incluiría información sobre el movimiento de la sombra (si se movía al norte o al sur), y el día, mes y año en que se efectuó la observación.

El segundo instrumento constaría de un tablero de, al menos, una vara de largo, a cuyos lados se dibujarían dos círculos (uno en cada lado) de un tercio de vara de radio, en el centro de los cuales se colocaría un estilo nivelado de un tercio de vara de longitud. Del nacimiento de estos estilos, se colgaría una plomada cuyo hilo fuera más largo que el diámetro de los círculos, pero más corto que el tablero.

Este tablero, el día del eclipse, se colocaría de canto, o perfil, sobre el plano que fuera utilizado para hacer la observación de sol, según la línea de este a oeste, y se mantendría nivelado con el apoyo de las plomadas. La primera marca que se haría en cada lado de este nuevo plano sería el punto por donde el hilo de las plomadas cortara la circunferencia de cada círculo. Ésta, más tarde, se utilizaría para trazar la línea del meridiano del lugar de

¹² Una vara es una medida de longitud antigua, cuya equivalencia corresponde a 835 centímetros y 9 décimas.

observación.

Cuando saliera la luna, se observaría si ésta salía eclipsada, y de ser así, se anotaría cuán eclipsada estaba. De lo contrario, se observaría hasta el momento en que comenzara a eclipsarse, instante en el cual, en el lado del plano en que incidiera la luz de la luna, se haría una marca sobre la línea de la circunferencia del círculo sobre el que se proyectara la sombra del estilo. Este paso se repetiría en el momento en el que finalizara el eclipse: “en viéndose que está ya limpia de tiniebla y redonda”¹⁴.

Acabado el eclipse, estas otras observaciones se transferirían a un papel que tuviera las mismas dimensiones del tablero, de suerte que se hiciera una copia fiel a lo registrado en el instrumento de observación. Cada marca y línea se identificaría debidamente sobre el diagrama. Luego, ambas observaciones se enviarían al Consejo Real de Indias por duplicado.

Se suponía pues, que en los Archivos de Indias se encontrarán (según hubiesen sido enviados al rey cuatro siglos antes) dos teóricos sobre observaciones astronómicas: uno con dos rayas, que correspondería a las observaciones de sol, y otro con un círculo y tres líneas saliendo de su centro hasta tocar la circunferencia, correspondiente al eclipse. Ambos debían incluir, asimismo, los datos del día, mes, año y la hora cuando se llevó a cabo cada observación, el lugar desde el que se realizaron y los testigos que estuvieron presentes en cada caso. En cambio, mientras que el segundo se asemeja fielmente a lo descrito en las instrucciones de 1580, exceptuando la falta de las referencias de identificación, el primero no cumple con ninguna de las especificaciones.

[Véase al final la reproducción del teórico del sol]

El dibujo correspondiente a la observación de Sol debía ser un simple esquema compuesto de dos rayas de diferentes longitudes, una de las cuales estaría identificada, podríamos sugerir, como “Esta es la raya de la sombra” y la otra como “Esta es la raya del estilo”. Incluiría, igualmente, la fecha, el lugar y los testigos presentes en la ocasión. En cambio, nos tropezamos con un complejo diagrama que parece ser una reproducción completa del plano que fuera utilizado para hacer las medidas de las sombras y sus respectivas marcas, e incluso, fue echo con criterios muy distintos a los explicados en la instrucción de 1580. La diferencia más evidente es que su autor (no podemos concluir con certeza quién fuera esta persona, aunque bien pudiera haber sido Ponce o el bachiller Antonio de Santa Clara, pues se trata de una persona formada en el mundo universitario español, en donde la astronomía era parte del currículo de todo hombre culto), optó por hacer tres círculos concéntricos en vez de dos. Esta alteración demuestra que quien lo haya hecho tenía conocimientos en astronomía suficientes para haber inferido que el círculo exterior es una representación de la bóveda celeste, que del horizonte al cenit —punto más alto, sobre el observador— hay 90° (para un total de 180° de horizonte a horizonte), y que cada círculo interno corta este círculo máximo en tres secciones de 30° cada una. Matemáticamente, su decisión fue mejor pensada si luego hubiera sido necesario o conveniente aplicar otros procesos trigonométricos al teórico. En efecto, gracias a esta decisión, precisamente, es que hemos podido resolver este enigma. Debido a que las dimensiones reales de cada círculo resultan inconsecuentes —pues cualesquiera que hayan sido son sólo una representación, a escala, de la realidad astronómica— pudimos ampliar la reproducción fotográfica del plano hasta alcanzar una unidad de medida representativa que nos facilitara la obtención de la altura del Sol que hiciera el observador del siglo XVI¹⁵.

[Véase al final la ampliación a 30 centímetros.]

¹³ El mediodía natural se distingue del civil (oficial), que es usado regularmente, en que, mientras que razones geopolíticas determinan el último, el primero está determinado astronómicamente.

¹⁴ Parte de la instrucción. Véase Apéndice I.

¹⁵ Cada centímetro, en nuestra ampliación, representa un grado.

Otra diferencia importante en el diagrama del Sol es la presencia de tres marcas en cada instante en que la instrucción demandaba solamente una. Aquí, evidentemente, nos encontramos con que el observador llevó sendas observaciones por tres días consecutivos, probablemente con la intención de promediar y reducir el margen de error en la medida de latitud, lo que denota su exhaustivo, riguroso y cuidadoso método de trabajo.

El método descrito por la instrucción es más sencillo, si se compara con este otro, y va al grano de lo que se requiere: la marca más importante es el punto cuando la sombra del estilo logra su mínima extensión, que es el punto del mediodía. Las otras, como hemos visto, sólo servirían para determinar el punto medio de cada arco de la circunferencia, lo que se utilizaría para trazar el meridiano del lugar de observación y la línea de este a oeste. Su fin es sencillo, pero muy práctico y suficiente, puesto que para determinar la latitud solamente es imprescindible la raya que marca el mediodía, que es la que indica la declinación del Sol partiendo del cenit del observador.

Al observador no le es requerido que efectúe los cálculos para determinar, en cada caso, la latitud y longitud “donde están los pueblos de españoles”: él simplemente lleva a cabo, cuidadosamente, unas observaciones, y las envía al Consejo Real de Indias. Será este cuerpo el encargado de hacer los cómputos pertinentes. Nosotros, en cambio, tenemos que partir del proceso matemático para, a través de éste, recrear las observaciones. Nuestros resultados, si se aproximan a las medidas de marcas hechas por los observadores de estos eventos astronómicos, comprobarán que, en efecto, los teóricos fueron hechos desde Puerto Rico¹⁶.

Carecemos de los datos de las medidas de cada círculo y del estilo que utilizó el observador en su instrumento, o si usó otro equipo para efectuar las medidas. Aun así, como hemos indicado, podemos prescindir de ellas —como podríamos haber prescindido de las medidas del artefacto, si se hubiese hecho correctamente— porque lo que nos interesa, como al Consejo Real de Indias, es la raya representativa del punto del mediodía. Las demás rayas, como hemos visto, se hacen con el propósito de determinar el meridiano (y los puntos norte y sur del lugar), línea de la cual se partiría, a su vez, para marcar los puntos este y oeste.

Sería igualmente interesante comparar estas observaciones y los métodos empleados en ella con los seguidos por comisionados en otros dominios españoles, para ver si siguen las instrucciones o si han modificado los métodos como hace el autor de este teórico. El método sencillo de las instrucciones fue escogido porque, al no requerir destrezas especiales, cualquier persona, sin mucho conocimiento, podía tomar las medidas que se requerían: “que aunque pudiera haber otros medios matemáticos para ello, se han elegido por mas fáciles los que se siguen.” Al desviarse de ellas, demuestra que quien llevó a cabo las observaciones (fuera Ponce, Antonio de Santa Clara o alguna otra persona) poseía un conocimiento superior en materias astronómicas, náuticas y matemáticas.

Al examinar las breves anotaciones registradas en los teóricos, buscamos algún dato que nos permita identificar la procedencia de los mismos. En el del eclipse de Luna se identifican la línea del meridiano, el horizonte sur y las marcas de comienzo y fin del eclipse, pero, lamentablemente, no obtenemos de él la fecha, que nos hubiera permitido confirmar, con certeza, que se trata del eclipse del 15 de julio de 1581. En el de Sol, sin embargo, aparece una anotación que constituye la otra clave esencial para la solución de este rompecabezas: “estas tres rayas fueron las tres sombras de los tres días viernes 2 de septiembre la más corta”.

Esto significa que el autor del teórico, nuevamente, se aleja de los criterios establecidos en la instrucción de 1580, que pedía que esta observación se efectuara uno o dos días antes de la fecha del eclipse de luna. Si la hizo en 1581, la llevó a cabo 47 días después. Sin embargo, no pudo haber sido así puesto que en ese año no hubo

¹⁶ Así pues, sin ningún indicador evidente en ninguno de los diagramas sobre las personas envueltas en las observaciones, el día, la hora y el lugar desde donde se efectuaron las, no podemos convenir con el señalamiento de Alegría en cuanto a que, por lo menos, la observación correspondiente al teórico del eclipse de Luna fuera hecha desde el patio del Convento de los Dominicos.

viernes, 2 de septiembre. Utilizando un calendario perpetuo¹⁷, en ambos casos encontramos que el 2 de septiembre, en 1581, cae sábado. Así pues, obligatoriamente tiene que haber sido hecha en otro año.

Sería muy fácil despachar la fecha de esta observación, que asumimos, por la relación y procedencia, que va junto al otro diagrama, si en la década de 1580 hubiera habido un sólo viernes, 2 de septiembre. En cambio, hubo dos: en 1580 y 1588. El marco se complica al existir, para 1588, un eclipse total de Luna que se produce casi a la misma hora que el de 1581, con el beneficio de que este otro sí ocurre un par de días después del 2 de septiembre, pues la instrucción, como sabemos, pedía que la observación de Sol se hiciera uno o dos días antes del eclipse¹⁸. De suerte que tenemos el asunto de comprobar si, efectivamente, estas observaciones de Sol corresponden al viernes, 2 de septiembre de 1580 o de 1588. La fecha “viernes, 2 de septiembre” que podría salvar esta situación es de 1580, es decir, más de diez meses antes del eclipse de Luna.

Hay, no obstante, un elemento a nuestro favor: la Memoria de Melgarejo fue fechada el 1^{ro} de enero de 1582. Como el teórico del Sol se envió con la memoria y junto al teórico del eclipse de Luna, la observación de las sombras tuvo que haberse efectuado antes de ese día, tal que la única opción posible es 1580.

Tabla 1

Eclipses totales de Luna observables desde el área del Caribe en la década de 1580

* Eclipses que ocurren durante el día, lo que implica que no son adecuados para la observación

Fecha			Hora eclipse medio (tiempo universal)	Hora local eclipse medio
año	mes	día		
1580*	enero	31	21:41	05:41pm
1580*	julio	26	11:07	07:07am
1581*	enero	19	21:22	05:22pm
1581	julio	16	04:11	12:11am
1584*	mayo	24	11:43	07:43am
1584	noviembre	18	00:02	08:02pm
1587*	marzo	24	12:17	08:17am
1588	marzo	13	02:21	10:21pm
1588	septiembre	05	04:13	12:13am

local. Datos obtenidos de Fred Espenak, *Eclipse Home page*, NASA/Goddard Space Flight Center, <http://sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/Lecat/LE1501-1600.html>.

¹⁷ Esto también se puede determinar por cálculo matemático (el día juliano), pero teniendo a nuestra disposición el calendario perpetuo se nos hizo viable la corroboración rápidamente.

¹⁸ La duda sobre la fecha de este teórico del Sol surge porque, como hemos recalado, el mismo dista mucho de lo que pedía la instrucción de 1580, que para esta observación se conformaba con un par de rayas bien identificadas, y ésta no indica que las

La atención primordial descansará en el teórico de Sol, no en el del eclipse de Luna. La prueba es tanto matemática como con fundamento ciertamente histórico. La autoría de ambos diagramas (en especial del teórico del Sol) se dejará en duda puesto que solamente sabemos que el capitán Juan de Céspedes, quien fuera gobernador de la Isla entre 1580 y 1581, comisionó a Juan Ponce de León y a Antonio de Santa Clara para que contestaran los capítulos de la Instrucción de 1577, pero no sabemos si fueron ellos mismos los que contestaron la de 1580. Aunque sabemos que Ponce de León fue el autor de una observación del eclipse de Luna de 1581, no podemos adjudicarle a él la autoría del otro diagrama puesto que ni él mismo menciona la observación de Sol.

“Estas tres rayas fueron las tres sombras de los tres días”

Para poder probar que la observación de Sol fue hecha desde una latitud compatible con la de Puerto Rico (la longitud será probada por el teórico del eclipse de Luna), tenemos que retroceder en las observaciones registradas en el diagrama, partiendo de lo que serían los resultados. Es decir, para efectos de esta demostración asumiremos que la observación fue consumada desde algún lugar cuya latitud ronde los $18^{\circ} 28'$ (que concuerde con la de la ciudad de Puerto Rico), y mediante el proceso matemático obtener la medida angular correspondiente a la altura máxima del Sol, o punto del mediodía, que es lo más importante en todo este asunto. Para ello, utilizaremos la siguiente ecuación de altura¹⁹:

$$\sin \text{Alt} = (\cos \text{LHA} \times \cos \epsilon^a \times \cos \delta^a) + (\sin \epsilon^a \times \sin \delta^a)$$

donde LHA representa el ángulo de la hora local (Local Hour Angle, por sus siglas en inglés), o punto máximo del Sol a mediodía; ϵ^a será la latitud, decimalizada, del lugar en que se efectúa la observación (en nuestro caso, Puerto Rico); δ^a será la declinación, también decimalizada, del Sol a ese mediodía, y Alt equivaldrá a la altura del Sol. Al resultado de esta ecuación aplicaremos la operación del seno invertido ($\sin^{-1} \text{Alt}$), tal que obtengamos, finalmente, la medida de altura. Pero antes de proceder, tenemos que considerar varios datos importantes.

Todavía está vigente, para 1580 y 1581, el calendario juliano que introdujo Julio César en 46 AC, que en esta década del siglo XVI ya arrastraba una disparidad de 10 días en relación con la traslación terrestre²⁰. Esta diferencia será corregida en el otoño de 1582, cuando el papa Gregorio XIII, después de consultar una comisión de astrónomos²¹ nombrada por él para solucionar el problema, dispuso que el día que seguiría al 4 de octubre de ese año sería 15 de octubre. Esta medida fue adoptada enseguida por las naciones cristianas que abrazaban el catolicismo, incluyendo los reinos y dominios de España²². Esto significa que, si retrocedemos a la fecha del

observaciones de enviaran junto con las otras instrucciones —las de la *Memoria de Melgarejo*— que, además, datan del siguiente año. Tampoco podemos confirmar justamente que fuera incluido como parte de los anejos de la *Memoria de Melgarejo* porque Ponce sólo habla del eclipse de Luna.

¹⁹ Esta ecuación fue obtenida de la edición para 1983 de Oswald M Watts (ed. emeritus) *Reed's Nautical Almanac and Coast Pilot. American East-Coast Edition*. London: Thomas Reed Publications, Ltd., 1983.

²⁰ “However, the calendar then in use was the Julian, introduced by Julius Ceasar in 46 BC, and this prescribed a leap year every fourth year, without exception. As the solar (‘tropical’) year is in fact some 11 minutes short of $365 \frac{1}{4}$ days, by the later Middle Ages this error had accumulated to the point where the Spring equinos was occurring several days before 21 March.” Michael Hoskin (ed.), *The Cambridge Illustrated History of Astronomy*. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.

²¹ Esta comisión de astrónomos fue nombrada por el Papa Gregorio XIII en la década de 1570, y estuvo liderada por varias personalidades, entre ellas Christoph Clavius. J. L. Heilbron, *The Sun in the Church. Calendars as Solar Observatories*. Cambridge and London, Harvard University Press, 1999.

²² Los ingleses esperaron hasta mediados del siglo XVIII para hacer la corrección, que para entonces era de 11 días de diferencia.