

Del plano y la sombra del estilo  
**Las coordenadas de Puerto Rico: estudio de dos “teóricos” del siglo XVI.**

Jorge Iván Rosa Silva  
Juan Luis Martínez

### **Agradecimientos**

Han pasado varios años desde que los diagramas que inspiran este trabajo llegaron a nuestras manos. Durante este tiempo, han sido varias las personas que han contribuido, de una manera u otra, a que este estudio haya podido realizarse. Primeramente, queremos expresar nuestra gratitud al Dr. Francisco Moscoso, quien nos hiciera llegar los teóricos, además de otros valiosos datos sobre la historia de Puerto Rico del siglo XVI; al Sr. David Rivé, por el gran obsequio que inconscientemente nos facilitó la piedra angular que nos condujo a la solución de este enigma; al Dr. Juan Giusti, por las abundantes fuentes secundarias y sus múltiples preguntas, que abrieron el camino, más de una vez, para resolver algunas de nuestras propias dudas; a la Srta. Miriam del Carmen Lugo, del Centro de Investigaciones Históricas de la Universidad de Puerto Rico, por sus afinadas sugerencias e incontables ayudas, y al Sr. Francisco Rosa Domenech por su muy apreciada e indispensable ayuda técnica.

## Introducción

*“Aquí nadie sabe dónde está, ni la hora que es”  
El negro Masesé y otros, Plaza de Recreo de Cabo Rojo, circa 1940.*

Hoy en día, descansamos excesivamente en trabajos, tablas y mapas que otros han hecho. Nuestra capacidad para razonar e indagar cuan correctas son estas determinaciones se ha ido debilitando debido a la continua dependencia en la informática contemporánea y, particularmente, en la computadora, con la cual el investigador resuelve sus problemas sin mucho razonamiento. En el trabajo que nos ocupa, gran parte del esfuerzo de identificación y solución a los aparentes enigmas que presenta el tema se resuelven, simplemente, con lápiz y papel, utilizando la matemática, la experiencia, el razonamiento y la intuición.

Han habido momentos en que, simplemente, se han conectado, como por arte de magia, dos asuntos que, aparentemente, eran inconexos o que podían afectar el cuadro y hacerlo más complejo, y hemos podido dirimirlos, si no con relativa facilidad, con un deleite particular en el esfuerzo. Así, en particular, con la determinación de la latitud, que, aunque la más antigua de las determinaciones en el tema que nos ocupa, por la carencia de información sometida, se hace un poco más difícil resolverla.

El 1<sup>o</sup> de enero de 1582, en la ciudad de Puerto Rico, Juan Ponce de León, clérigo presbítero, y el bachiller Antonio de Santa Clara, abogado —“personas de confianza experimentadas en las cosas que en esta ciudad e isla ay”<sup>1</sup> — entregaron la Memoria de Melgarejo, llamada así porque, acabando de llegar el nuevo gobernador, Juan López de Melgarejo (unos 30 días antes), es a él a quien toca entregar esta memoria, redactada por los anteriores. Este informe responde a un requerimiento de 1577, un documento sumamente interesante e importante para entender la mentalidad y la visión cosmológica de los cosmógrafos de la Casa de la Contratación y del Consejo Real de Indias. Dicho cuestionario, que evalúa, breve pero elocuentemente, Isabel Gutiérrez del Arroyo en su *Historiografía de Puerto Rico*<sup>2</sup>, contenía 50 capítulos, o preguntas, que Gutiérrez del Arroyo llama, en el vocabulario propio de mediados de siglo, arquetípico. Hoy, quizás, usaríamos el término paradigmático, como ejemplar o ideal. Realmente es un acopio casi exhaustivo sobre las diversas regiones de América, y en el caso particular de Puerto Rico, sobre sus aspectos geográficos, étnicos, sociales, religiosos e institucionales. El texto de ese cuestionario implica una visión no común en el siglo XX a este tipo de presentación. Quizá la especialización nos a llevado a hacer investigaciones muy profundas en áreas específicas, y la cosmovisión se ha perdido.

---

<sup>1</sup> Citado de la *Memoria de Melgarejo*, párrafo introductorio.

<sup>2</sup> La *Memoria Melgarejo*, dice Gutiérrez del Arroyo, “nos ofrece un detalle de gran interés: la primera noticia sobre observaciones de un eclipse solar en la Isla.” Isabel Gutiérrez del Arroyo, *Historiografía puertorriqueña. Desde la Memoria Melgarejo (1582) hasta el Boletín Histórico (1914-27)*, Ciclo de Conferencias sobre la historia de Puerto Rico. San Juan, Instituto de Cultura Puertorriqueña, 1957, p. 6.

Para esos años, López de Velasco era el cosmógrafo-cronista del Consejo Real de Indias, cargo que ocupaba desde su creación en octubre de 1571<sup>3</sup>. Es él quien redacta el cuestionario de 50 capítulos de 1577. Pero, el autor de estas instrucciones no nos interesa en este caso, ni examinar esta gran memoria de 1582 como debidamente lo merecería, sino, solamente el capítulo o requerimiento número sexto de ese maravilloso documento. El mismo versa:

El altura o elevación del polo en que están los dichos pueblos de Españoles, si estuviere tomada, y se supiere, o hubiere quien la sepa tomar, o en qué días del año el sol no hecha sombra ninguna al punto del mediodía.

Con dicho requerimiento, al cual los contribuyentes a la “leyenda negra” injustamente atribuyen intenciones de conocer cuándo es que los indígenas celebrarían el cenit en sus regiones (ritos paganos medidos astronómicamente), el Consejo Real de Indias, o sus cosmógrafos, únicamente se resignan a que, no conociéndose la latitud, se informe cuáles son los días en que el Sol no echa sombra ninguna. En los trópicos, por lo menos, tales días son dos, de manera que, teniendo los regimientos del Sol<sup>4</sup>—que, indudablemente, tenían disponibles en esa época—, esos serían los días en que la declinación del Sol coincidiría con la latitud. Más específicamente, el valor de la latitud sería igual a la latitud del lugar desde el cual se tomara dicha medida. Pero Ponce, cuando le toca contestar ese capítulo sexto, no envía, simplemente, la altura del polo, como le era solicitado, sino que manifiesta lo siguiente:

El altura y elevación del pueblo en que está la ciudad de Puerto Rico se verá por el eclipse que yo, Juan Ponce de León, por mandato del capitán Juan de Céspedes, gobernador de esta isla, tomé a los 15 de julio del año pasado, el cual se envía, en este propio navío, a su magestad.

Ponce dice: “el altura o elevación”; no obstante, en vez de señalar “del polo en que están los dichos pueblos”, indica: “del pueblo en que está la ciudad de Puerto Rico”. A pesar de ello, no envía la altura, como fuera dicho, sino, en cambio, el eclipse que tomó a los 15 de julio del año anterior, es decir, de 1581. Este testimonio nos presenta un problema inmediato: la petición de la memoria es la elevación o altura del polo, pero eso no puede contestarse enviando, por más cuidadosa que sea, una observación de un eclipse lunar, que es lo que se registra el 15 de julio de 1581 en este hemisferio. Lo derivable por este método es la longitud del lugar, dependiendo de la observación u observaciones que se hagan, en este caso, desde la ciudad de Puerto Rico, supuestamente.

Para establecer la altura o elevación del polo (o del pueblo, como menciona Ponce), el autor de estas observaciones no utilizará a Polaris, válidamente denominada, desde tiempo antiguo, la Estrella Polar. Esta estrella, hoy en día, dista poco menos de un grado del polo norte celeste—extrapolación del polo norte terrestre—, coincidencia que aproxima su elevación (la altura, medida en grados, desde el horizonte) al valor de la latitud del lugar desde donde se observe. Para fines de siglo XVI, en cambio, Polaris quedaba cerca de tres grados alejada de este punto, y aunque servía de guía para determinarlo, los navegantes empleaban otros métodos más apropiados para conocer su localización.

---

<sup>3</sup> “Para cargo de tal importancia hubo que buscarse a alguien que tuviese ya amplio prestigio en los asuntos vinculados al mismo, y cuya capacidad estuviese en consonancia con la labor que se le encomendaba”. Marcos Jiménez de la Espada (ed.), *Juan López de Velasco, Geografía y descripción universal de las Indias*. Madrid, ATLAS, 1971, p. V.

<sup>4</sup> Los regimientos del Sol son tablas que ofrecen la declinación del Sol día por día. Estas tablas eran comúnmente usadas por los navegantes del siglo XVI, y aún tienen utilidad en el presente.

Un siglo antes, los viajes expedicionarios de los marineros portugueses los llevaron a navegar por latitudes por debajo del ecuador terrestre, donde la Estrella Polar no es visible. Este obstáculo natural los condujo a desarrollar una cuidadosa técnica de observación y cálculo astrométrico para obtener la latitud partiendo de la declinación del Sol (esto también puede conseguirse utilizando otras estrellas como guía). En el caso particular de España, la corona ya contaba con varias poblaciones importantes bajo el ecuador terrestre a finales de siglo XVI. Las instrucciones de 1577 —y las demás directrices anteriores y posteriores— se dirigían a regiones diversas, con distintas situaciones geográficas, que requerían de un método de observación que tomara en consideración esas realidades, y es por ello que el autor del teórico del Sol seguirá, básicamente, la técnica de la declinación del astro, que no guarda relación alguna con la observación de un eclipse de luna.

Otro problema que confrontamos es el origen o procedencia de los documentos disponibles. Por mucho tiempo, se ha pasando, de mano en mano, la referencia de que estos teóricos, que muy pocos conocen, son de la autoría de Juan Ponce de León. Isabel Gutiérrez del Arroyo, refiriéndose al diagrama correspondiente al eclipse de luna, lo confunde con un eclipse solar<sup>5</sup>. Ricardo Alegría, específicamente en un texto sobre la colonización de Puerto Rico<sup>6</sup>, menciona e incluye una reproducción de dicho teórico, y le atribuye haber sido tomado desde un lugar en el convento de los Dominicos. Lamentablemente, la ilustración se presenta invertida (seguramente por un error de impresión). Tiempo después, el Ing. Sebastián Robiou, para entonces estudiante en el Centro de Estudios Avanzados de Puerto Rico y el Caribe, dirigido por el Dr. Alegría, repite los datos del anterior. Además, trae a colación la existencia de otra instrucción que hasta entonces no había sido mencionada por los historiadores locales<sup>7</sup>, y cuyo fin sería la observación de un eclipse de Luna en julio de 1581.<sup>8</sup>

Lo cierto es que, en el caso del eclipse de luna, Ponce especifica “que yo tomé” en la contestación que ofrece al capítulo sexto de la Memoria de Melgarejo. En cambio, en ningún momento menciona que haya llevado a cabo una observación de Sol, que, a estos efectos, sería complementaria de la observación del eclipse lunar. Aún así, en el Archivo de Indias se encuentran unos diagramas, llamados teóricos 1 y 2, que, supuestamente, acompañan el texto de la memoria. Esa conexión corresponde al hecho de que, aunque separados, en el presente, en distintos sectores de dicha institución, la enumeración de los legajos corresponde, en secuencia, uno del otro.

Para librarnos de lo que previamente se ha señalado sobre la conjetura y el razonamiento inteligente pero no matemático, nos encontramos con un problema muy serio. En esa década de 1580 se produjeron dos eclipses totales de Luna perfectamente visibles para nuestro hemisferio: el primero ocurrió en la noche del 15 de julio de 1581, y el segundo, el 5 de septiembre de 1588. El problema podría resolverse rápidamente si en los teóricos hubiese algún testimonio de fecha, lugar, autor o testigos, según requerían las instrucciones, que luego examinaremos. En cambio, no tenemos, en éste ni en el teórico del Sol (que, supuestamente, acompañan este informe), alguna identificación que nos pruebe que, efectivamente, los mismos corresponden a las coordenadas de longitud (y latitud) que se podrían derivar de la ciudad de Puerto Rico, o si, por el contrario, se trata de dos teóricos procedentes de Cartagena de Indias, o Veracruz —posesiones españolas que, indudablemente, debían haber contestado las instrucciones que, en el caso de Puerto Rico, produjeron la *Memoria de Melgarejo*— o

---

<sup>5</sup> Este error aparece originalmente en una ficha del Catálogo de Hostos, localizado en el Centro de Investigaciones Históricas (UPR-Río Piedras).

<sup>6</sup> Ricardo Alegría, *Descubrimiento, conquista y colonización de Puerto Rico, 1493-1599*. San Juan, Colección de Estudios Puertorriqueños, 1969, p. 142.

<sup>7</sup> Sebastián Robiou Lamarche, “Apuntes sobre la historia de la astronomía en Puerto Rico”. *El Observador*, 13.2 (1998),

<sup>8</sup> Aunque Robiou no incluyó la referencia a esta fuente en su trabajo, nos fue posible localizarla en la *Colección de documentos inéditos de Ultramar*, tomo XVIII, libro 9, pp. 127-136. Incluimos una reproducción de esta cédula en el Apéndice 1 del presente trabajo.

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 intersecan 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 aneja<sup>9</sup>. 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 Arroyo<sup>10</sup>). 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”<sup>11</sup>. Esta instrucción requería que se hicieran dos instrumentos rústicos y muy sencillos para llevar a cabo las observaciones,

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

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

<sup>11</sup> 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 vara<sup>12</sup> 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 natural<sup>13</sup> 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

---

<sup>12</sup> 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”<sup>14</sup>.

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 XVI<sup>15</sup>.

[ Véase al final la ampliación a 30 centímetros.]

---

<sup>13</sup> 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.

<sup>14</sup> Parte de la instrucción. Véase Apéndice 1.

<sup>15</sup> 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 Rico<sup>16</sup>.

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

---

<sup>16</sup> 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 perpetuo<sup>17</sup>, 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 eclipse<sup>18</sup>. 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<sup>ro</sup> 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>.

<sup>17</sup> 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.

<sup>18</sup> 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° 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 altura<sup>19</sup>:

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

donde LHA representa el ángulo de la hora local (Local Hour Angle, por sus siglas en inglés), o punto máximo del Sol a mediodía;  $\lambda^a$  será la latitud, decimalizada, del lugar en que se efectúa la observación (en nuestro caso, Puerto Rico);  $\delta$  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 terrestre<sup>20</sup>. Esta diferencia será corregida en el otoño de 1582, cuando el papa Gregorio XIII, después de consultar una comisión de astrónomos<sup>21</sup> 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 España<sup>22</sup>. Esto significa que, si retrocedemos a la fecha del

---

observaciones de enviaron 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.

<sup>19</sup> 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.

<sup>20</sup> “However, the calendar then in use was the Julian, introduced by Julius Caesar 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 <sup>1</sup>/<sub>4</sub> days, by the later Middle Ages this error had accumulated to the point where the Spring equinox was occurring several days before 21 March.” Michael Hoskin (ed.), *The Cambridge Illustrated History of Astronomy*. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.

<sup>21</sup> 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.

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

viernes, 2 de septiembre de 1580, es necesario añadirle 10 días para que corresponda al calendario actual. Así pues, cuando se dice “2 de septiembre” bajo el calendario juliano, esta diferencia haría que esa lectura correspondiera al 12 de septiembre en nuestros tiempos.

Para nuestro favor, 1580 es año bisiesto, y es aplicación práctica de los navegantes considerar (apoyados por evidencia empírica) que cada cuatro años —sobre todo, como en esta ocasión, si se trata de años bisiestos— se corrige la diferencia que en cada año se produce respecto a la posición del Sol<sup>23</sup>. Toda la matemática deriva y se valida, pues, del hecho de que estamos cuantificando una proporción similar de los días del año. Es por tal que es factible emplear unos valores correspondientes a 1996<sup>24</sup>, que es año bisiesto en nuestros tiempos y, por lo tanto, corresponde —aproximadamente— a todos los años bisiestos a través de los siglos.

Utilizando las efemérides de 1996, y partiendo de que el 2 de septiembre sea el de 1580, habría que buscar cuál es la altura máxima del Sol desde el horizonte, y hacer la matemática correspondiente para el cenit, que es la que utiliza Ponce en su observación porque es la que se utiliza en astronomía para este tipo de medida. Pero antes de resolver la ecuación de altura, es necesario determinar el ángulo de la hora local (LHA) y el tránsito del Sol para el día señalado. Tomemos el 12 de septiembre de 1996, que coincidirá, como hemos dicho, con el 2 de septiembre de 1580.

EL LHA se obtiene de la siguiente ecuación:

$$\text{LHA} = \text{GHA} - \lambda^{\circ}$$

donde GHA es el ángulo de la hora del meridiano de Greenwich y  $\lambda^{\circ}$  es la longitud del lugar de observación, ambas decimalizadas.

El GHA, para el mediodía del 12 de septiembre de 1996 se obtiene de las tablas del Nautical Almanac.<sup>25</sup> A las 16 horas (h), tiempo universal (oficial)<sup>26</sup>—12h, tiempo local—:

$$\begin{aligned} \text{GHA} &= 60^{\circ} 58.9' \\ &= 60.981667^{\circ} \end{aligned}$$

Esta forma decimalizada se consigue usando una calculadora de mano, o simplemente dividiendo los minutos entre 60 (y añadiéndoselos a los grados).

La longitud ( $\lambda^{\circ}$ ) de Puerto Rico es:

<sup>23</sup> El año natural contiene 365.242199 días, y cada cuatro años, para asegurar la posición del Sol, se le suma un día al calendario.

<sup>24</sup> Con las modificaciones que todos sabemos que ha sufrido tanto la oblicuidad del planeta como la aceleración y la distancia de la Luna, pero en grado tal que dentro de la cuantificación no demasiado precisa del tiempo, es tolerable este tipo de variación o error. Por lo tanto, el calendario de 1996 (el más cercano dentro del ciclo de 400 años que teníamos disponible), que es año bisiesto, se utiliza en este ejercicio en la esperanza de que, en algún momento alguien coteje los de 1980 y 1988, que serían más apropiados por cerrar un ciclo completo de 400 años. No obstante, adelantamos que, de todos modos, va a encontrar muy poca diferencia a pesar de la considerable distancia en tiempo de fines de siglo XX a fines de siglo XVI.

<sup>25</sup> Watts, *op. cit.*

<sup>26</sup> El tiempo universal (UT, por sus siglas en inglés) parte de la hora de Greenwich, y es la hora que se usa astronómicamente —de carácter internacional— excepto en pueblos chauvinistas como el norteamericano, cuyas revistas persisten en utilizar la hora particular de su región en vez del tiempo universal.) Esto, lo que permite es que en Puerto Rico, o en Oregon, o Hawaii o en la China podamos utilizar un mismo procedimiento sin confundirnos más de la cuenta.

$$\begin{aligned}\lambda^\circ &= 66^\circ 07' \\ &= 66.116667^\circ\end{aligned}$$

Por lo tanto,

$$\begin{aligned}\text{LHA} &= \text{GHA} - \lambda^\circ \\ &= (60.981667^\circ + 360^\circ) - (66.116667^\circ) \\ &= 354.865^\circ\end{aligned}$$

En este último proceso, hemos sumado  $360^\circ$  a la medida del GHA con el propósito, práctico, de obtener un resultado con valor positivo, puesto que el valor del GHA es menor al de la longitud. Simplemente, hemos dado una segunda vuelta, por así decirlo, al círculo, y regresado al punto de origen. Matemáticamente, los resultados que se obtengan de unos cálculos que se efectúen de esta forma corresponderán necesariamente a los resultados obtenibles a partir de una sola vuelta<sup>27</sup>.

De paso, convertimos esta medida angular en su equivalente en horas porque nos será de utilidad para un paso posterior. Para ello, dividimos el LHA entre 15. (La circunferencia terrestre, como toda circunferencia, cuenta con  $360^\circ$ . Dividiendo este valor entre 15 obtenemos los 24 meridianos, que son los que usamos para marcar el tiempo —las 24 horas que contiene un día.)

Asignamos la letra griega tau ( $\tau$ ) para esta hora:

$$\begin{aligned}\tau &= \text{LHA} \div 15 \\ &= 354.865^\circ \div 15 \\ &= 23.657667\text{h}\end{aligned}$$

El tránsito es el punto máximo alcanzado por el Sol, o cualquier otro cuerpo celeste, en un día dado desde un lugar determinado; o lo que es lo mismo: el instante cuando el Sol alcanza el meridiano el lugar (que, a su vez, señala la hora del mediodía natural). Por eso es que hablamos de las 10 a.m. (antes del meridiano) y de las 2 p.m. (pasado el meridiano).

El tránsito (T), pues, se obtendrá de la siguiente forma:

$$T = \gamma - \tau$$

donde  $\gamma$  representa la hora a la que corresponde el GHA utilizado en el proceso de obtención del LHA, y  $\tau$  representa el valor de dicho LHA, convertido en horas:

$$\begin{aligned}T &= (16\text{h} + 24\text{h}) - (23.657667\text{h}) \\ &= 16.342333\text{h}\end{aligned}$$

Esta será la hora del tránsito del Sol el 12 de septiembre de 1996. Para expresarla en la forma normal, multiplíquese la parte decimal por 60. Esto nos dará las 16h 20.5m UT (12h 20.5m hora local). Ahora, sólo nos

---

<sup>27</sup> Estamos trabajando con ángulos de una circunferencia (la Tierra), y siempre que se le sumen  $360^\circ$  a cualquier ángulo de esta circunferencia no se estará alterando el ángulo representado. En este ejercicio, si el valor del GHA hubiese sido mayor que el valor de la longitud del lugar de observación, no hubiera sido necesario este procedimiento.

resta determinar la declinación del Sol, que es la tercera de las variables en la ecuación de altura que estamos aplicando. Ésta la podríamos obtener, como el GHA, de las tablas del *Nautical Almanac*, pero éstas únicamente ofrecen la declinación para horas específicas.

El tránsito del Sol que requerimos para nuestro procedimiento es el de las 16h20.5m aproximadamente. El *Nautical Almanac* nos ofrece la declinación del Sol para las 16h y 17h UT:

$$\begin{aligned}\delta_{16} &= 3^{\circ} 53.9' & \delta_{17} &= 3^{\circ} 53.0' \\ \Delta\delta &= \delta_{16} - \delta_{17} \\ &= 3^{\circ} 53.9' - 3^{\circ} 53.0' \\ &= 0.9^{\circ}\end{aligned}$$

Este último número se lo multiplicamos a la parte decimal (que corresponde a los minutos) de la hora del tránsito:

$$0.9^{\circ} \times 0.342333m = 0.3080997m$$

Otra manera de haber hecho esto hubiese sido decimalizando los valores de los ángulos de declinación para cada hora; no obstante, obtendríamos los mismos resultados. Veamos:

$$\begin{aligned}\delta_{16} &= 3^{\circ} 53.9' & \delta_{17} &= 3^{\circ} 53.0' \\ &= 3.8983333^{\circ} & &= 3.8833333^{\circ} \\ \Delta\delta &= \delta_{16} - \delta_{17} \\ &= 3.8983333^{\circ} - 3.8833333^{\circ} = 0.015^{\circ}\end{aligned}$$

Si multiplicamos este resultado por 60, obtenemos el valor anterior, en minutos:

$$0.015^{\circ} \times 60 = 0.9^{\circ}$$

Manteniéndonos en la misma línea (restando las partes correspondientes a los minutos: la parte decimal):

$$0.015^{\circ} \times 0.342333^{\circ} = 0.005134995^{\circ}$$

Y, finalmente, multiplicando este número por 60, para convertirlo en minutos:

$$0.005134995^{\circ} \times 60 = 0.3080997m$$

que es el mismo resultado del proceso anterior.

Seguido, se le restan estos minutos a la declinación del Sol a las 16h (mediodía, hora local):

$$\begin{aligned}\delta &= 3.8983333^\circ - 0.005134995^\circ \text{ (continuando con la forma decimalizada)} \\ &= 3.8931983^\circ\end{aligned}$$

Multiplicando la parte decimal por 60, nuevamente, convertimos este valor a grados y arcos de minuto:  $3^\circ 53.6'$ . Así pues, al momento del tránsito (a las 16h20.5m), tal era la declinación del Sol. Obtenidas cada una de las variables necesarias para resolver la ecuación de altura, podemos proceder a calcular la altura del Sol para el 12 de septiembre de 1996.

$$\begin{aligned}\sin \text{Alt} &= [\cos \text{LHA} \times \cos \lambda^a \times \cos \delta] + [\sin \lambda^a \times \sin \delta] \\ &= [\cos(0) \times \cos(18.466667) \times \cos(3.8931983)] + [\sin(18.466667) \times \sin(3.8931983)] \\ &= [(1) \times (0.948508) \times (0.9976923)] + [(0.3167529) \times (0.0678968)] \\ &= (0.9463191) + (0.0215065) \\ &= 0.9678256^\circ\end{aligned}$$

En este último proceso, el valor que se le ha asignado al LHA es cero. Por tradición, desde los tiempos de Hiparco, se han señalado cuatro fechas como las fechas en que la ecuación de tiempo<sup>28</sup> es equivalente a, prácticamente, cero, y este valor coincide con el valor para el ángulo de la hora local. Brevemente, citando del libro *The Quest for Longitude*:

Aparent solar time (time shown by the sundials) and mean solar time (time shown by the clock) agree only four times each year (on or about April 16<sup>th</sup>, June 14<sup>th</sup>, September 1<sup>st</sup>, and December 25<sup>th</sup>, varying slightly with the leap year cycle) and diverge at other times by as much as 15 minutes.<sup>29</sup>

Este argumento favorece la decisión del autor de este teórico para llevar a cabo la observación de Sol desde el miércoles, 31 de agosto al viernes, 2 de septiembre y no en otro momento del año; esto simplifica el cómputo de la ecuación de altura, pues habría una variable menos que calcular.

Ahora, usamos el seno invertido para obtener la altura:

$$\begin{aligned}\sin^{-1} \text{Alt} &= 0.9678256^\circ \\ \text{Alt} &= 75.426495^\circ\end{aligned}$$

Hasta aquí, hemos obtenido la altura del Sol, partiendo desde el horizonte. Para ajustarlo a una medida tomada desde el cenit, como habría hecho Ponce, restamos este valor a  $90^\circ$ , que es la medida del cenit de todo observador. Obtenemos, pues que:

$$\alpha_c = 90^\circ - \text{Alt}$$

donde  $\alpha_c$  será la altura del Sol medida desde el cenit, y Alt seguirá siendo la altura desde el horizonte.

---

<sup>28</sup> La ecuación de tiempo es una expresión matemática que se toma en consideración para corregir la diferencia que producen la oblicuidad y la excentricidad de la órbita terrestre en relación al tiempo u hora media (promedio) local.

<sup>29</sup> *The Quest for Longitude*, Apéndice D, p. 396.

$$\alpha_c = 90^\circ - 75.426495^\circ = 14.573505^\circ$$

Toda observación astronómica de este tipo, si quiere hacerse lo más precisa posible, debe considerar ciertos fenómenos atmosféricos y el diámetro aparente del Sol, que presenta un disco de, aproximadamente, medio grado, aunque varía dependiendo de la distancia a la que se encuentre de la Tierra en determinada época del año. Para la fecha del 12 de septiembre de 1996, el diámetro del Sol es de  $0.53^\circ$ , lo que significa que tenemos que sumar o restar esa medida, dependiendo de dónde haya partido la observación. Si es del cenit, la medida se toma desde el limbo superior del Sol, y, por lo tanto, se suma; partiendo del horizonte, se toma desde el limbo inferior, por lo que se resta. El observador de este evento debió partir del cenit (que es forma regular de hacerlo), así que los científicos del Consejo Real de Indias debieron haber sumado el diámetro. Nosotros, por llevar este procedimiento retrospectivamente (y partiendo del horizonte), debemos restarle dicho diámetro al resultado, tal que:

$$\alpha_d = \alpha_c - d_s$$

donde  $\alpha_d$  será la altura del Sol luego de ajustar el diámetro aparente del astro a la medida,  $\alpha_c$  es el ángulo de la altura del Sol tomada desde el cenit (cálculo anterior) y  $d_s$  es el valor del diámetro solar.

$$\alpha_d = 14.573505^\circ - 0.53^\circ = 14.043505^\circ$$

Otro efecto común que hay que tomar en consideración es la refracción que causa la atmósfera terrestre.<sup>30</sup> Dicho índice, que también se obtiene de las tablas del *Nautical Almanac*, tiene un valor aproximado de 0.26 desde una altura promedio de 200 pies sobre el nivel del mar. Como en lo anterior, dependiendo de dónde parta la observación, se resta o se suma. El observador tuvo que haberlo sumado; nosotros, que partimos de los valores que corresponderían a una observación hecha desde el horizonte, tenemos que restarlo. Así, nuestro valor final, aproximadamente, estará dado por:

$$\alpha_r = \alpha_d - R$$

donde  $\alpha_r$  será la altura del Sol, luego de hacer el ajuste de la refracción, y R será el índice de refracción.

$$\alpha_r = 14.043505^\circ - 0.26 = 13.783505^\circ$$

El valor medido en el teórico del Sol es de  $13.9^\circ$  aproximadamente, por lo que la diferencia entre el valor calculado y el observado son extremadamente similares.

---

<sup>30</sup> Un tercer efecto que regularmente debe tomarse en cuenta es el llamado “dip” (cuyo valor sería de  $-13.7$  a unos 200 pies de altura —altura media de la ciudad de Puerto Rico— para la fecha del 2 de septiembre). Al hacer los cálculos trigonométricos de la altura del Sol en tránsito, partimos del horizonte y, por lo tanto, hay que contar con el dip. Para una altura computada, habría que sumarle el dip para que, de esta manera, nos acerquemos a la altura que se observaría a esa elevación. Pero, si se parte del cenit, no hay que considerar el dip. En la recreación de la observación que estamos verificando, no debe sumarse el valor del dip, pues el cenit traza una línea vertical y recta, contrario al horizonte, que es una línea curva (porque observamos una esfera: el planeta). Sí debe restarse el dip de una lectura que parta de cierta elevación, pero no a una derivada de puros cálculos matemáticos



Los cálculos matemáticos prueban que las medidas tomadas por el observador autor del teórico de las observaciones de Sol se aproximan significativamente a los resultados de nuestros cómputos, que parten de la suposición de que, efectivamente, una de las observaciones se llevó a cabo el viernes, 2 de septiembre de 1580 desde algún lugar cuya latitud sea de  $18^{\circ}28'$ , compatible con la de la ciudad de Puerto Rico. Tal aproximación alcanzada demuestra que la suposición es matemáticamente compatible, lo que nos lleva a concluir que, además, es verdadera. La minúscula diferencia entre ambas puede deberse a múltiples razones, entre las que podemos señalar el grado de incertidumbre inherente al instrumento utilizado para hacer la medida, variaciones geológicas que el lapso de cuatro siglos haya producido en los movimientos de la Tierra, o a errores introducidos por el equipo técnico utilizado en la ampliación del teórico para ajustarlo a unidades contemporáneas. Pero ante todo, debemos señalar que el autor de este diagrama está haciendo observaciones de la sombra de un objeto —el estilo—, según ésta se proyecta sobre un plano, y que su fuente de iluminación es el Sol, que no es un punto, sino un disco que cubre poco más de medio grado de cielo, y como tal su luz alcanzará al estilo desde distintos puntos de la estrella, lo que causa que la sombra proyectada no tenga unos límites perfectos, sino que presente una extensión. Aún así, la similitud entre ambas medidas evidencia, sobre todo, el cuidado el autor al tomar las medidas<sup>31</sup>.

A pesar de la prueba que ofrecemos, también hemos mencionado que en la década de 1580 hubo otro eclipse de luna, en septiembre de 1588, que sí se produce dos días después de la fecha del viernes, 2 de septiembre de dicho año, coincidiendo, obviamente, con las directrices enviadas por el Consejo Real de Indias para la observación de un fenómeno similar de 1581. Aún cuando es enteramente imposible que unas observaciones de 1588 se enviaran a España junto a otra documentación en 1582, pensemos, por ejemplo, que, dada esta compatibilidad, las observaciones que se recogen en el diagrama de Sol respondan al viernes, 2 de septiembre de 1588 y no al de 1580. Por otra parte, es posible especular, igualmente, que este teórico de Sol no date de 1580 y que tampoco sea uno de los anejos originales de la *Memoria de Melgarejo*, sino que fuera realizado en alguna otra fecha (como el viernes, 2 de septiembre de 1588) y que su actual conexión con los demás documentos y anejos de la Memoria se deba a un error humano involuntario en los trabajos de catalogación de estos manuscritos posteriormente. Esta situación anularía nuestros resultados previos (aunque la prueba matemática es suficientemente clara), pues habremos producido unos cómputos cuyas variables descansan en conjeturas mal fundadas. Este acto se corroborará a continuación utilizando la misma prueba matemática si los nuevos resultados se aproximan a las lecturas del teórico de Sol.

En 1588 ya está vigente la reforma del calendario gregoriano, de manera que podemos utilizar para el siguiente procedimiento los datos obtenibles del Nautical Almanac para el 2 de septiembre de 1996.<sup>32</sup>

$$\begin{aligned} \text{GHA} &= 60^{\circ} 07.7' \\ &= 60.128333^{\circ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LHA} &= \text{GHA} - \lambda^{\circ} \\ &= (60.128333^{\circ} + 360^{\circ}) - (66.116667^{\circ}) \\ &= 354.01167^{\circ} \end{aligned}$$

---

<sup>31</sup> Para los procedimientos correspondientes al 10 de septiembre de 1996 (equivalente al 31 de agosto de 1580, véase el Apéndice 2.

<sup>32</sup> Téngase en cuenta la discusión anterior sobre la correspondencia de los años bisiestos. Como ya está vigente la corrección del calendario gregoriano, no es necesario sumar la diferencia en días que fuera imprescindible para el procedimiento anterior.

$$\begin{aligned}\delta &= \text{LHA} \div 15 \\ &= 354.01167 \div 15 \\ &= 23.600778\text{h}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T &= (16 + 24) - (23.600778\text{h}) \\ &= 16.399222\text{h}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\delta_{16} &= 7^\circ 39.0' & \delta_{17} &= 7^\circ 38.0' \\ &= 7.65^\circ & &= 7.6333333^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta\delta &= \delta_{16} - \delta_{17} \\ &= 7.65^\circ - 7.6333333^\circ \\ &= 0.0166667^\circ\end{aligned}$$

$$0.0166667^\circ \times 0.399222^\circ = 0.0066537^\circ$$

$$\begin{aligned}\delta &= 7.65^\circ - 0.0066537^\circ \\ &= 7.6433463^\circ \\ &= 7^\circ 15.0'\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sin\text{Alt} &= (\cos\text{LHA} \times \cos\lambda^a \times \cos\delta) + (\sin\lambda^a \times \sin\delta) \\ &= [\cos(0) \times \cos(18.466667) \times \cos(7.6433463)] + [\sin(18.466667) \times \sin(7.6433463)] \\ &= [(1) \times (0.948508) \times (0.9911152)] + [(0.3167529) \times (0.1330062)] \\ &= (0.9400807) + (0.0421301) \\ &= 0.9822108\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sin^{-1}\text{Alt} &= 0.9822108^\circ \\ \text{Alt} &= 79.176647^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{cenit:} & 90^\circ - 79.176647^\circ = 10.823353^\circ \\ \text{Sol:} & 10.823353^\circ - 0.53^\circ = 10.293353^\circ \\ \text{refracción:} & 10.293353^\circ - 0.2666666 = 10.026686^\circ\end{aligned}$$

**medida calculada:** 10.0°                      **medida observada:** ≈13.9°

Como se aprecia por los resultados de este nuevo análisis, la gran diferencia que hay entre la medida calculada y la medida observada hace matemáticamente imposible que la observación se haya producido en 1588, siendo otro apoyo a la primera figuración. Esto, además, certifica y demuestra que la observación tuvo que haberse efectuado

precisamente el viernes, 2 de septiembre de 1580, puesto que, para cualquier otro día, inclusive para el mismo año, los resultados serán necesariamente distintos<sup>33</sup>.

Si esta observación se hace el 2 de septiembre no es porque sea 3 días antes del eclipse (fenómeno que, de todas maneras, no se produce en esa fecha en 1580), sino porque en dichos días la observación del Sol no se afecta por la ecuación de tiempo, simplificando los cálculos. También pudo haberse hecho cerca del 2 de septiembre porque en julio esas determinaciones se hacen extremadamente difíciles en latitudes bajas, como es el caso de Puerto Rico.

De todas maneras, el hecho de que concuerde o no la ecuación de tiempo nos es totalmente inconsecuente porque no vamos, dada la escasez de información que hay en el teórico de Sol, a entrar en especulaciones sobre el instrumento que se utilizó para esa observación (de haber sido distinto a lo que explicaba la instrucción de 1580), ni sobre otras rayas o marcas aparte de las del punto de mediodía, que son sencillas, comprobables, tradicionales y utilizadas desde tiempo antiguo (todavía en la navegación y en la observación en tierra contemporáneas) para determinar latitud. Esta determinación tampoco depende de que tengamos un cronómetro a la mano: cuando el Sol llegue a su punto más alto, ése será exactamente el mediodía; y por ahí cruzará el meridiano. Así es como se hace en el mar, y así es como se trazaban los meridianos tradicionalmente en la astronomía aplicada a la latitud. El meridiano de cada lugar era el punto donde el Sol, precisamente, estaba en su punto más alto al mediodía.

### **Aquí llegó la sombra cuando se comenzó a clisar la Luna**

El problema de la observación del eclipse de luna, aunque intenta resolver un problema geográfico más complejo (aunque de cálculos más sencillos) no presenta mucha dificultad respecto a la fecha en que se produce porque estamos trabajando con un fenómeno astronómico de poca frecuencia: un eclipse total de Luna. No así el lugar desde donde se registra. Su procedencia se pone en duda, principalmente, por carecer de las identificaciones de fecha, lugar y testigos que debían incluirse en el teórico. De la contestación al capítulo sexto de la Memoria de Melgarejo se desprende que dicho diagrama debería corresponder al observado por Juan Ponce de León y compañía en la noche del 15 de julio de 1581; más aún: la instrucción de 1580 tenían como objetivo expresamente este evento. El proceso matemático que llevamos a cabo a continuación se hace con el propósito de comprobar que el teórico corresponde a una longitud de 66° norte, compatible con la de Puerto Rico (y, por lo tanto, que es posible que sea el de Ponce).

Evidentemente, la observación del eclipse de Luna queda animada hacia la longitud porque desde la antigüedad estos fenómenos astronómicos se han usado para tales propósitos: se mide la distancia angular, partiendo del meridiano de un lugar en el momento cuando comienza el eclipse (generalmente, la fase umbral). Esa distancia, luego, se compara con la distancia angular de otro punto diferente en longitud, usualmente referido como *punto fijo*, y restando o sumando uno del otro (dependiendo de a qué lado queda uno de los lugares respecto al meridiano del otro), se obtiene la distancia en grados. Esta diferencia se suma o se resta de la longitud inicial (dependiendo a qué lado del meridiano nos traslademos) para obtener la longitud de la segunda localidad. Por lo tanto, como el eclipse comienza al mismo instante para todo el hemisferio desde donde será visible<sup>34</sup>, si se conoce la posición de Madrid o de Sevilla (que serían lugares pertinentes, a este caso, en la península

---

<sup>33</sup> Es posible imaginar que la observación sí haya sido hecha el viernes, 2 de septiembre de 1588 (aún cuando no tenemos evidencia al respecto), y que la altura fuese, efectivamente, 13.9°. En ese caso, esta observación no hubiese sido hecha desde Puerto Rico, sino de algún otro lugar, puesto que para dicho día, la medida esperada de la altura debería ser, justamente, cerca de 10°.

<sup>34</sup> Por eso es que en unos lugares, la Luna saldrá antes de comenzar el eclipse, mientras que en otro —en longitudes al oeste del primero— la Luna podría salir comenzando el eclipse, avanzado o en sus últimas etapas.

ibérica) en el instante en que ocurre la entrada de la Luna en umbra, y se tienen los valores de la observación correspondiente a Cartagena de Indias o a San Juan de Puerto Rico (que es lo que quiere obtenerse del teórico del eclipse), se podrá determinar su longitud.

[Véase al final el mapa con el hemisferio del eclipse.]

Para la siguiente demostración, descansamos en *Canon of Lunar Eclipses, 1500 B.C - 3000 A.D.*<sup>35</sup>, un trabajo valiosísimo, y sorprendentemente poco conocido de Bao-Lin Liu, famoso astrónomo chino de prestigio internacional, quien, en colaboración con Alan D. Fiala, ha hecho un extenso estudio de los eclipses lunares, tanto umbrales como penumbrales dentro de esas fechas, que nos resuelve las distancias angulares del eclipse de Luna de 1581.

Tabla 2  
**Datos del eclipse total de Luna, 16 de julio de 1581 (UT)**

Fecha	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>m</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>
16 de julio de 1581	1:34	2:32	3:42	4:11	4:40	5:50	6:48

Datos obtenidos de Bao-Lin Liu y Alan D. Fiala, *Canon of Lunar Eclipses, 1500 B.C - A.D. 3000*. T<sub>1</sub> es el comienzo de la fase penumbral; T<sub>2</sub>, comienzo de la fase umbral; T<sub>3</sub>, comienzo de la fase total; T<sub>4</sub>, eclipse medio; T<sub>5</sub>, fin de la fase total; T<sub>6</sub>, fin de la fase umbral, y T<sub>7</sub>, fin de la fase penumbral. Para el resto de los datos, consúltese esta obra.

El eclipse, tomado en tiempo universal, ocurre el 16 de julio de 1581. El eclipse medio es a las 4:11, hora de Greenwich (12:11 a.m., hora de Puerto Rico).

[Véase al final la reproducción del teórico del eclipse de luna]

Si examinamos el teórico del eclipse de Luna, observamos un círculo partido en dos mitades por una línea representando el meridiano del lugar de observación, y dos líneas adicionales cuyo origen es el centro del círculo y se extienden, en dirección sur, hasta tocar la circunferencia. Estas rayas son las marcas hechas en la noche del eclipse, e indican los instantes cuando comenzó y finalizó el evento, respectivamente. Como ya conocemos, sobre la base de la instrucción de 1580, estas dos líneas señalan los ángulos descritos por la sombra del estilo. Utilizando un transportador para medir los ángulos, obtenemos que sus medidas son las siguientes:

$$\text{ángulo inicial } (P\alpha_1) = 28^\circ$$

$$\text{ángulo final } (P\alpha_2) = 38^\circ$$

Como en el procedimiento anterior, nuestra prueba partirá de los datos matemáticos. En esta ocasión, los ofrecidos en el *Canon of Lunar Eclipses* para la localidad de Greenwich, Inglaterra (incluidos en la Tabla 2), cuya longitud nos es conocida: 0°. Puerto Rico se encuentra a 66° 07' al oeste de este punto, lo que representa una diferencia, en hora natural, de 4h24.5m con respecto a Greenwich:

<sup>35</sup> Bao-Lin, Liu y Alan D. Fiala, *Canon of Lunar Eclipses, 1500 B.C - A.D. 3000*. Richmond, Willmand-Bell, Inc., 1992.

$$\begin{aligned}
 H_p &= \lambda_p \div 15 \\
 &= 66.116667^\circ \div 15 \\
 &= 4.4077778h \\
 &= 4h 24m 28s \\
 &= 4h 24.5m
 \end{aligned}$$

Por estar al oeste del meridiano de Greenwich, esta hora se restará de los tiempos ( $T^G$ ) ofrecidos por Bao-Lin Lui para obtener los tiempos correspondientes a Puerto Rico ( $T^P$ ), que calcularemos de la siguiente manera. Tomemos como ejemplo la hora del eclipse medio ( $T_m$ ):

$$T_m^P = T_m^G - H_P$$

donde  $T^P$  representa la hora cuando ocurre el eclipse medio en Puerto Rico,  $T^G$  es el tiempo del eclipse medio en Greenwich y  $H$  es la diferencia en horas entre ambas localidades (anteriormente determinada). Las horas se usarán en forma decimalizada y en tiempo universal, como hicieramos en el procedimiento del teórico del Sol.

$$\begin{aligned}
 T^P &= T^G - H_P \\
 &= (4.1833333h + 24h) - 4.4077778h \\
 &= 23.775556 \\
 &= 23h 46m 32s \\
 &= 23h 46.5m
 \end{aligned}$$

Observamos, pues, que el eclipse medio se produce en Puerto Rico a las 23h46.5m UT, apenas 14 minutos antes de la medianoche. Siguiendo la metodología anterior para cada uno de los tiempos de Greenwich, obtenemos los siguientes tiempos para Puerto Rico:

Tabla 3  
**Datos del eclipse total de Luna, 15-16 de julio de 1581, correspondientes a Puerto Rico (UT)**

$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_m$	$T_4$	$T_5$	$T_6$
21:09	22:07	23:17	23:46	0:15	1:25	2:23

$T_1$  es el comienzo de la fase penumbral;  $T_2$ , comienzo de la fase umbral;  $T_3$ , comienzo de la fase total;  $T_m$ , eclipse medio;  $T_4$ , fin de la fase total;  $T_5$ , fin de la fase umbral, y  $T_6$ , fin de la fase penumbral.

Un eclipse de Luna se puede dividir en siete etapas consecutivas que responden a tres fases principales: comienzo de la fase penumbral ( $T_1$ ), comienzo de la fase umbral ( $T_2$ ), comienzo de totalidad ( $T_3$ ), eclipse medio ( $T_m$ ), fin de la totalidad ( $T_4$ ), fin de la fase umbral ( $T_5$ ) y fin de la fase penumbral ( $T_6$ ). Como todo observador experimentado en eclipses lunares conoce (independientemente de la época histórica), la entrada y salida de la

penumbra —la parte más tenue de la sombra de la Tierra proyectada sobre la faz de la Luna— es extremadamente difícil de detectar, tal que para la mayoría de los observadores resulta simplemente imperceptible. La instrucción de 1580 pedía que la primera marca si hiciera “quando determinada y claramente se entendiere que se escurece”. A nosotros, como a Ponce, no nos cabe duda que esto debía referirse al comienzo de la entrada de la umbra, que es mucho más fácil de distinguir. Por lo tanto, los tiempos (T) en que debieron hacerse las marcas deben responder al comienzo (T<sub>1</sub>) y fin (T<sub>2</sub>) de la fase umbral. De ser así, los ángulos que obtendremos del proceso matemático deberán aproximarse a los ángulos determinados por Ponce la noche del 15 al 16 de julio de 1581. Llamaremos  $\alpha_2^P$  y  $\alpha_5^P$  a los ángulos correspondientes a dichos tiempos, respectivamente. Estos se obtienen de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}\alpha &= T \times 15 \\ \alpha_2^P &= T_2 \times 15 \\ &= 22.125556 \times 15 \\ &= 331.88334^\circ\end{aligned}$$

Restando  $360^\circ$  a este resultado, tenemos que la medida de  $\alpha_2^P$  es de  $28.1^\circ$

$$\text{ángulo de Ponce, } \alpha_1^P = 28^\circ \qquad \text{ángulo calculado, } \alpha_2^P = 28.1^\circ$$

[Aquí va el diagrama con la correspondencia entre los ángulos PR-G.]

La coincidencia perfecta de estos ángulos (el calculado por nosotros y el observado por Ponce) es evidencia matemática suficiente para confirmar que, efectivamente, la observación del eclipse de Luna necesariamente tuvo que haberse visto desde algún lugar con longitud de  $66^\circ$  oeste. Por otra parte, si seguimos las técnicas empleadas tradicionalmente, debemos sumar la medida de Ponce de  $28^\circ$  a la longitud previamente conocida de un lugar determinado. Nosotros no tenemos los ángulos que pudieran haberse medido en Greenwich directamente (si se hubiera llevado a cabo una observación paralela el 15-16 de julio de 1581), pero podemos calcularlo utilizando los datos que ofrece Bao-Lin Liu para T<sub>2</sub>:

$$\begin{aligned}T_2^G &= 2:32 \text{ UT} \\ &= 2.5333333 \text{ UT} \\ \alpha_2^G &= T_2^G \times 15 \\ &= 2.5333333 \times 15 \\ &= 38^\circ\end{aligned}$$

Así pues, la longitud derivable del ángulo medido por Ponce debe ser:

$$\begin{aligned}\lambda^\circ &= \alpha_2^G + \alpha_2^P \\ &= 38^\circ + 28^\circ = 66^\circ\end{aligned}$$

Hemos sumado los ángulos porque Puerto Rico se encuentra al oeste de Greenwich. En definitiva, la observación se hizo desde un punto cuya longitud es  $66^\circ$  oeste.

El segundo ángulo de Ponce ( $P\alpha$ ), que mide  $38^\circ$  (no se confunda esta medida con el ángulo del comienzo de la entrada de la Luna en umbra desde Greenwich), nos presenta una diferencia significativa con respecto al ángulo calculado matemáticamente:

$$\begin{aligned}\alpha_5^P &= T_5 \times 15 \\ &= 1.4255555 \times 15 \\ &= 21.383333^\circ\end{aligned}$$

ángulo de Ponce,  $P\alpha_2 = 38^\circ$

ángulo calculado,  $\alpha_5^P = 21.4^\circ$

Evidentemente, Ponce no ha tomado la medida al instante en que se produce la salida de la umbra de la faz de la Luna a la 1:25 a.m. del 16 de julio de 1581 (como era lógico esperar). Esto nos deja con una sola posibilidad: contrario a la observación de Sol, Ponce, esta vez, ha seguido la instrucción de 1580 al pie de la letra, y su segunda marca la ha hecho justamente al momento “cuando la Luna acabare de cobrar toda su luz, y en viéndose que esta ya limpia de tiniebla y redonda”. Es decir, no se trata del fin de la fase umbral, sino el fin de la fase penumbral. Por este ángulo sabemos que este instante, según percibió Ponce, se produjo a las 2:32 a.m., a tan sólo 8 minutos de la hora astronómica oficial.

$$\begin{aligned}T_6^P &= P\alpha_2 \div 15 \\ &= 38 \div 15 \\ &= 2.5333333 \\ &= 2h32m\end{aligned}$$

Por experiencia, sabemos lo difícil (si no casi imposible) que es ver la fase penumbral de un eclipse de Luna, y más difícil aún decidir el instante preciso en que finaliza. En una observación de campo hasta resultaría en una determinación altamente subjetiva. Que Ponce haya tenido una desviación de ocho minutos es totalmente comprensible, si no enteramente admirable.

Tal vez nunca sabremos cómo estuvieron las condiciones climatológicas en Puerto Rico la noche del 15 al 16 de julio de 1581, pero pudiera haber pasado—como frecuentemente sucede en esta isla tropical—que las nubes hubiesen ocultado la Luna al momento del final de la fase umbral. Esto habría llevado a Ponce, si no a guiarse estrictamente por la instrucción, a marcar la salida de la penumbra para terminar el proceso, lo que demostraría, una vez más, que él o Antonio de Santa Clara (coautor de la *Memoria de Melgarejo*) tenían suficiente conocimiento científico para saber que con esta otra marca también sería posible cumplir con el requerimiento de “Su Magestad y Consejo Real de las Indias”.

## Conclusión

Nosotros creemos que la comprobación matemática que se ha seguido en este estudio es suficiente evidencia para la afirmación de que, matemáticamente, tanto la latitud como la longitud son compatibles con las coordenadas geográficas de la ciudad de Puerto Rico, y que las observaciones del Sol fueron hechas del 31 de agosto al 2 de septiembre de 1580, aún cuando no aparezcan los datos de fecha, lugar o testigos en ambos teóricos. La corroboración astronómica nos permite, por lo menos, aceptar que es enteramente lógico que estos dos teóricos acompañaran la memoria enviada al Consejo Real de Indias por el gobernador Juan López de

Melgarejo a comienzos del año 1582, alejándonos de las meras conjeturas y suposiciones sin fundamento que, desgraciadamente, han plagado otros trabajos de la historiografía contemporánea.

La observación del Sol no se hace unos días antes del eclipse del 15 de julio de 1581, sino que es perfectamente compatible con la altura del astro para principios del mes septiembre (nunca para principios de julio, puesto que no sería posible—y en el mejor de los casos extremadamente difícil) y que se sigue un criterio de observación astronómica fundamentalmente correcto. Afortunadamente nosotros no nos hemos visto en la necesidad de entrar minuciosamente en las discrepancias que hay entre los diagramas y la instrucción de 1580 para la observación del Sol y de la Luna (particularmente la del Sol) porque nuestro interés particular (al igual que para el Consejo Real de Indias) es la lectura de la altura del Sol al punto del mediodía y los ángulos de las sombras del eclipse de Luna.

Que Ponce o el bachiller Santa Clara sean los autores se puede probar solamente en tanto y en cuanto se verifica que se trata de una observación de Sol de septiembre de 1580 y una observación de eclipse, consecuentemente, de 1581, puesto que hay uno y exactamente sólo un punto en la Tierra localizado en la latitud  $18^{\circ} 28'$  norte y longitud  $66^{\circ} 07'$  oeste: la ciudad de Puerto Rico en la antiguamente llamada isla de San Juan Bautista.

El siglo XVI fue para España un siglo de altos conocimientos astronómicos aplicados al arte de navegar. Para entonces, fue el primer y único de los reinos europeos en contar con un cargo de cosmógrafo. Los trabajos científicos más destacados fueron traducidos a los principales idiomas europeos, y muchos de ellos contaron con una extraordinaria difusión que les valió numerosas ediciones en varios países del continente. No es sorprendente que dicho conocimiento tuviera igual difusión en el Nuevo Mundo y que criollos como Juan Ponce de León fueran capaces de realizar importantes contribuciones a la boyante astronomía pretelescópica.

Este ejercicio, precisamente, comprueba la alta calidad de esa astronomía española, particularmente la navegacional, tan poco conocida o resaltada en la historiografía anglosajona.