

## CRÓNICA DE OBSERVACIÓN: ECLIPSE LUNAR TOTAL DE 27 DE JULIO DE 2018

El día central de la segunda estación de eclipses de 2018 se produjo el 28 de julio, con la Luna cerca de su nodo descendente. Este eclipse fue visible desde Sudamérica, Europa, Asia y Australia. El instante del máximo del eclipse se produjo el 27 de julio a las 20:21:45 UT. Esto es 0,6 días después del apogeo (distancia al perigeo de unos 195°), de modo que el tamaño angular de la Luna era casi mínimo. Este eclipse total fue central, lo que significa que el disco lunar pasó por el eje de la sombra terrestre. Los eclipses totales centrales se caracterizan por la relativamente larga duración de su periodo de totalidad. En esta ocasión, el mínimo tamaño del disco lunar contribuyó a que este eclipse ingresara, además, en el “selecto” grupo de eclipses en los que la duración de la totalidad excede los 100 minutos (103 minutos en este caso particular).

La noche 27 de julio, el Grupo de Estudios Lunares “Enrique Silva” de la Agrupación Astronómica de Madrid (AAM) nos reunimos en el Observatorio de Moraleja de Enmedio (Madrid) para la observación de este eclipse. Entre las actividades que nos proponíamos completar durante aquella observación estaban la estimación del brillo lunar durante la totalidad, la medición de los tiempos en que se producen los últimos contactos visibles del eclipse y el cronometraje de los tiempos de emersión de la sombra de la Tierra de 25 estructuras de impacto designadas por la comunidad científica internacional. El equipo de observadores disponía como referencia de una exhaustiva *Guía de campo para la observación del eclipse del 27 de julio de 2018*, elaborada por el coordinador del grupo Alberto Martos, donde se describían en detalle las características del evento y las diferentes actividades que pretendíamos desarrollar. Aquella noche representaba la culminación de un intenso periodo de preparación que habíamos llevado a cabo durante los seis meses previos.

En 1702, el astrónomo francés Philippe de La Hire descubrió que el tamaño de la sombra proyectada por la Tierra durante los eclipses lunares era aproximadamente un 1% mayor que el calculado teniendo en cuenta consideraciones puramente geométricas. La interpretación inmediata de La Hire fue que este descubrimiento significaba que las determinaciones más precisas del radio terrestre de que se disponía en aquel momento eran erróneas. Las potenciales implicaciones de este descubrimiento eran enormes, especialmente en lo tocante a la geografía y la navegación marítima. Hoy en día, aunque aún estamos a falta de una explicación exhaustiva de este fenómeno, se sabe que el origen de estas discrepancias está en la parte baja de la atmósfera de nuestro planeta. En efecto, esta región de la atmósfera terrestre se comporta, de hecho, como una extensión de la parte sólida del planeta. Las partículas en suspensión se concentran en la parte baja de la atmósfera que se torna en un denso estrato opaco. El físico matemático americano William Chauvenet calculó que esta aparente extensión del tamaño terrestre puede modelizarse incrementando en un 2% (unos 50 segundos de arco) el radio de nuestro planeta para el cálculo de los tiempos de contacto de la umbra terrestre; la magnitud de incremento del radio requerida para los cálculos de los contactos con la penumbra era un poco mayor (88 segundos de arco). Los cálculos propuestos con posterioridad por el astrónomo francés André Danjon revelaron que bastaba con un incremento del 1% (41 segundos de arco) para el cálculo de los tiempos de contacto umbrales y penumbrales.

El problema principal de estos modelos para el cálculo del “radio sólido efectivo” de nuestro planeta durante los eclipses radica en que el primer y último contactos de la umbra

con el disco lunar se producen a colongitudes de  $90^\circ$  y  $270^\circ$ , respectivamente, por lo que no son visibles para los observadores situados en la superficie terrestre. Los contactos se producen exactamente sobre el limbo lunar y no son apreciables hasta que la extensión de la sombra terrestre ha avanzado, o se ha retirado, significativamente después de los contactos. La diferencia de tiempos entre el momento nominal de contacto y el momento en que dicho contacto se hace apreciable a los observadores terrestres puede llegar a ser de hasta 30 segundos. Esto es lo que impide que los cálculos se efectúen con la suficiente exactitud.

El tamaño de la sombra terrestre varía, además, de unos eclipses a otros. Esto está relacionado con variaciones en el espesor “sólido” de la baja atmósfera terrestre debidos a variaciones en su composición. Las erupciones volcánicas arrojan cada año millones de toneladas de gases y partículas en suspensión a la atmósfera. La actividad humana es también una fuente importante de emisiones a la atmósfera. Todas estas emisiones tienen un impacto en la opacidad atmosférica; el estudio de las variaciones en el tamaño de la sombra terrestre es, pues, un método indirecto que permite estudiar la evolución de la envoltura gaseosa de la Tierra. De esta manera, un problema meramente astronómico como la aparente discrepancia entre el radio terrestre y el tamaño de la sombra proyectada por el planeta se torna en una cuestión con interesantes aplicaciones geofísicas.

El método del cronometraje de estructuras de impacto lunares (*crater timing method* en inglés) permite salvar las limitaciones impuestas por la oblicuidad de línea de visión de los observadores terrestres con respecto a los primeros y últimos contactos con la sombra. Para ello, durante cada eclipse, se seleccionan una serie de cráteres de impacto distribuidos por la cara visible de la Luna, y se cronometran, con la mayor precisión posible, los tiempos de entrada (ocultación) y emersión (reaparición) de estas estructuras durante las fases de parcialidad del eclipse.

De vuelta a la tarde y noche del 27 de julio, las horas previas al comienzo de la visibilidad del eclipse las pasamos ultimando todos los preparativos para la observación, revisando los telescopios y equipos fotográficos. Dispusimos, además, de un reloj digital maestro para los cronometrajes sincronizado por GPS y visible desde las estaciones de todos los observadores. La elección del emplazamiento exacto de todos los equipos había requerido que comprobásemos la adecuada visibilidad de la Luna observando su trayectoria en el cielo durante la noche anterior. Al final de esta crónica, hemos incluido un anexo donde se da la localización del observatorio y un listado de los observadores y equipos empleados.

Las horas previas al eclipse algunas nubes altas hicieron su aparición por el sur y oeste del punto de observación, aunque por fortuna se disiparon por completo durante el anochecer. El equipo de observadores aprovechamos el compás de espera para efectuar una última simulación del eclipse empleando el programa GUIDE. La importancia de estas simulaciones, que se repitieron en numerosas ocasiones durante los días y semanas previos, se reveló crítica. Estos ensayos “sobre el papel” nos ayudan a interiorizar la secuencia de actividades a desarrollar durante los cronometrajes. El listado de estructuras a seguir es largo y los tiempos de emersión bastante ajustados. En esta ocasión, por cierto, la fase de ocultación no fue visible desde España, es decir, el orto de la Luna se produjo con su disco completamente oculto por la umbra terrestre, de forma que los eventos visibles se limitaron al fin de la totalidad y al último contacto con la umbra, y los cronometrajes se limitaron a los tiempos de reaparición de los cráteres.

La Luna pasó el plano del horizonte hacia el hemisferio visible alrededor de las 19:30 UT, coincidiendo aproximadamente con el inicio de la totalidad. Durante los primeros instantes tras el orto fue difícil identificar el disco lunar no solo por su cercanía al horizonte, sino por el alto oscurecimiento que presentaba. La parte central del disco lunar aparecía con tonalidades grises oscuras y parduzcas intensas, sin poderse apreciar apenas ningún detalle; hacia el borde del disco las tonalidades eran significativamente más rojizas. Los observadores estimaron, a simple vista y con sus telescopios, la luminosidad y apariencia de la Luna en  $L=1,3$  de acuerdo con la escala de Danjon, que se emplea como valoración subjetiva del brillo lunar durante los eclipses. Los instantes previos al final de la totalidad los aprovechamos también para tomar una serie de fotografías del disco lunar que, posteriormente, remitimos al investigador italiano Giovanni di Giovanni del Osservatorio Colle Leone, sito en Mosciano Sant'Angelo, en la región de los Abruzos (Italia). Este investigador recopila fotografías del disco lunar durante los eclipses remitidas por aficionados de todo el mundo y las utiliza para realizar estimaciones de la composición atmosférica terrestre y sus variaciones analizando las tonalidades que presenta el disco lunar eclipsado.

El fin de la totalidad se registró a las 21:12:10 UT. A partir de ese instante, la concentración requerida era absoluta para proceder al cronometraje preciso de los tiempos de reaparición de las estructuras de impacto propuestas por la comunidad internacional. La tabla adjunta muestra un listado de los diferentes accidentes selenográficos que cronometramos, listados en orden de reaparición. En las dos columnas de la derecha (tiempos de reaparición) se muestran los tiempos calculados por Fred Espenak (NASA) con anterioridad al eclipse y publicados en su página *web* (Mr. Eclipse), así como los tiempos que el Grupo de Estudios Lunares registramos desde el Observatorio de Moraleja de Enmedio. Las medidas que reportamos aquí son el resultado de promediar los tiempos registrados por seis observadores individuales. Como hemos indicado anteriormente, los cronometrajes se hicieron empleando un único reloj maestro sincronizado por GPS.

Nombre del cráter	Tiempos de reaparición (UT)	
	Estimación NASA (F. Espenak)	Nuestras medidas
Riccioli	21:15	21:15:04
Grimaldi	21:16	21:16:34
Billy	21:23	21:22:27
Aristarchus	21:23	21:22:40
Kepler	21:26	21:26:24
Campanus	21:33	21:33:06
Pytheas	21:35	21:35:15
Copernicus	21:36	21:36:00
Plato	21:38	21:39:07
Timocharis	21:38	21:38:56
Tycho	21:40	21:40:58
Autolycus	21:45	21:46:25
Aristoteles	21:48	21:48:50
Eudoxus	21: 50	21:49:56
Manilius	21:51	21:51:53

Menelaus	21:55	21:55:20
Dionysius	21:57	21:56:55
Endymion	21:58	21:58:06
Plinius	21:59	21:59:51
Censorinus	22:05	22:05:04
Proclus	22:09	22:09:40
Goclenius	22:10	22:10:13
Taruntius	22:10	22:11:03
Messier	22:11	22:12:54
Langrenus	22:15	22:15:40

Nuestro grupo estimó asimismo los tiempos de dos eventos del eclipse, tal y como muestra la tabla siguiente, donde una vez más nuestras medidas se comparan con los cálculos previos de Espenak:

Evento	Tiempos (UT)	
	Estimación NASA (F. Espenak)	Nuestras medidas
Fin de la totalidad	21:13:12	21:12:10
Último contacto con la umbra	22:19:00	22:19:10

Tras el fin de la totalidad y hasta el final del periodo penumbral del eclipse, nuestro grupo se mantuvo asimismo vigilante por si se produjera algún episodio de fenómenos lunares transitorios (FLT), aunque no identificamos nada reseñable a este respecto.

Las medidas de los tiempos de reaparición que efectuamos el 27 de julio han sido enviadas a Roger W. Sinnott, editor senior de la publicación estadounidense *Sky & Telescope*, quien lleva muchos años recopilando los tiempos de ocultación y reaparición de los cráteres lunares designados en cada eclipse que le hacen llegar equipos de aficionados de todas las partes del planeta. El señor Sinnott se mostró muy agradecido por nuestros datos, al tiempo que se lamentó de la escasez de reportes de este tipo que recibe últimamente. En sus palabras, “*la gente parece hoy más interesada en tomar fotografías vistosas del eclipse, ignorando la posibilidad de efectuar observaciones de gran utilidad*”. Nosotros, contradiciendo su diagnóstico, no nos conformamos solo con tomar imágenes de este espectacular fenómeno astronómico, algunas de las cuales ilustran este artículo, sino que nos proponemos dotar de contenido científico a nuestras observaciones. El último número de la publicación *The Lunar Observer* (septiembre de 2018, p. 15) incluye nuestro [artículo](#) “A call for science minded amateur astronomers”, en el que pretendemos transmitir la enorme satisfacción que supone para nosotros haber completado con éxito este proyecto para el que nos hemos preparado tan intensamente. Para nosotros, este éxito se mide no solo en las contribuciones que hayamos podido hacer al conocimiento científico, sino también en el asombro sentido ante la contemplación de un fenómeno siempre sorprendente y el haber podido compartir una noche memorable en compañía de buenos amigos.

## ANEXO

Coordenadas del observatorio: 40°16' N, 3°53' W; altitud 654 m

Equipo de observadores:

Senior (Tiger Team)

Alberto Martos  
Carlos de Luis  
Jorge Arranz  
Nieves del Río  
José Castillo  
Juan Castillo  
Antonio Noya  
Rosendo Jorba  
Luis Alonso  
Fernando Bertrán

Junior team

Eder Ugarte  
Antonio Martín-Monge  
Jesús Montes  
Jaime Montes  
María Luisa Ramírez López

Equipamiento:

Reflector dobsoniano 250 mm f/5  
Reflector newtoniano 250 mm f/5  
Schmidt-Cassegrain 203 mm f/10  
Refractor acromático 150 mm f/8  
Schmidt-Cassegrain 150 mm f/10  
Maksutov 127 mm f/11.8  
Refractor APO 102 mm f/9.8  
Refractor acromático 102 mm f/6.5  
Refractor APO 80 mm f/6  
Refractor acromático 60 mm f/11.7

Todos los telescopios operados a 100 aumentos durante los cronometrajes

Cámaras Canon & Nikon a foco primario