

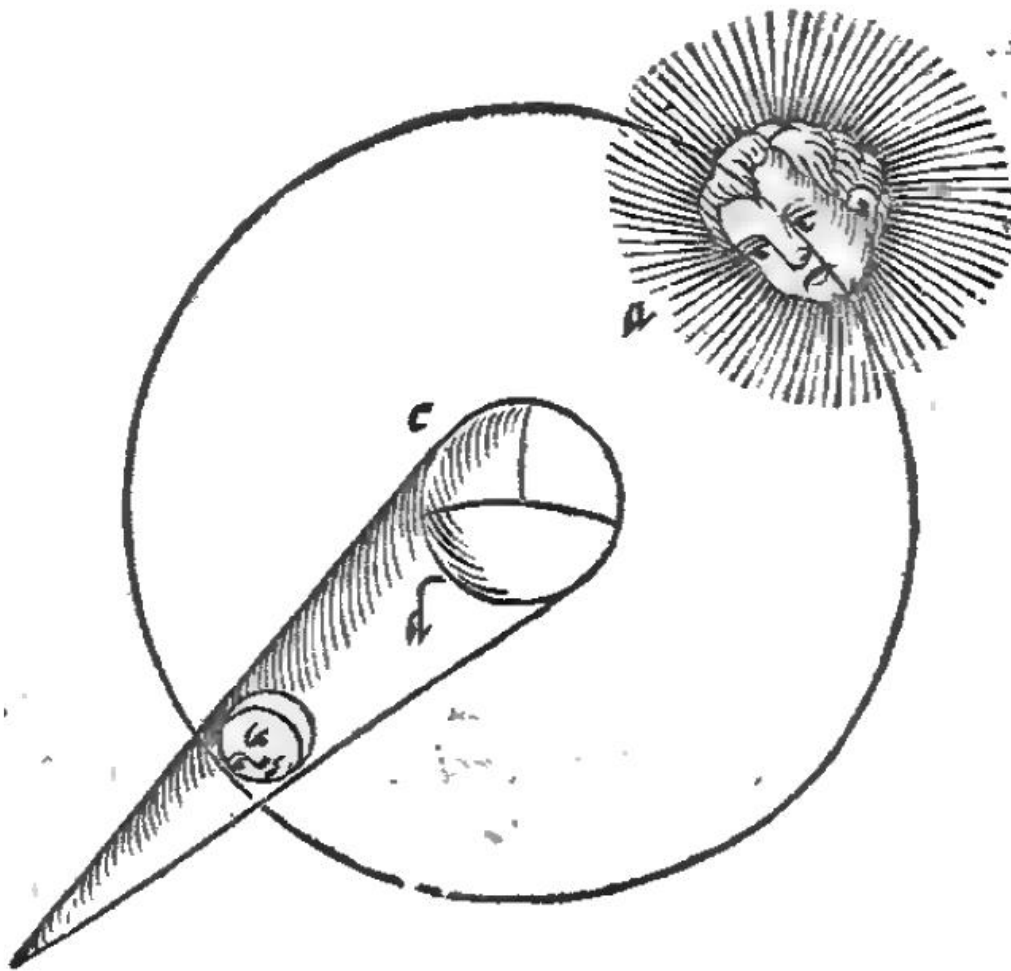
ECLIPSE TOTAL DE LUNA

Miércoles 26 de mayo de 2021

(Gráficos e información general)

Claudio Carlos Mallamaci

Profesor e investigador retirado de la
Universidad Nacional de San Juan



Eclipse de Luna (del libro "*Della sfera del mondo*", de Alisandro Piccolomini -3ra edición, Venecia, 1552)

San Juan - República Argentina - abril 2021

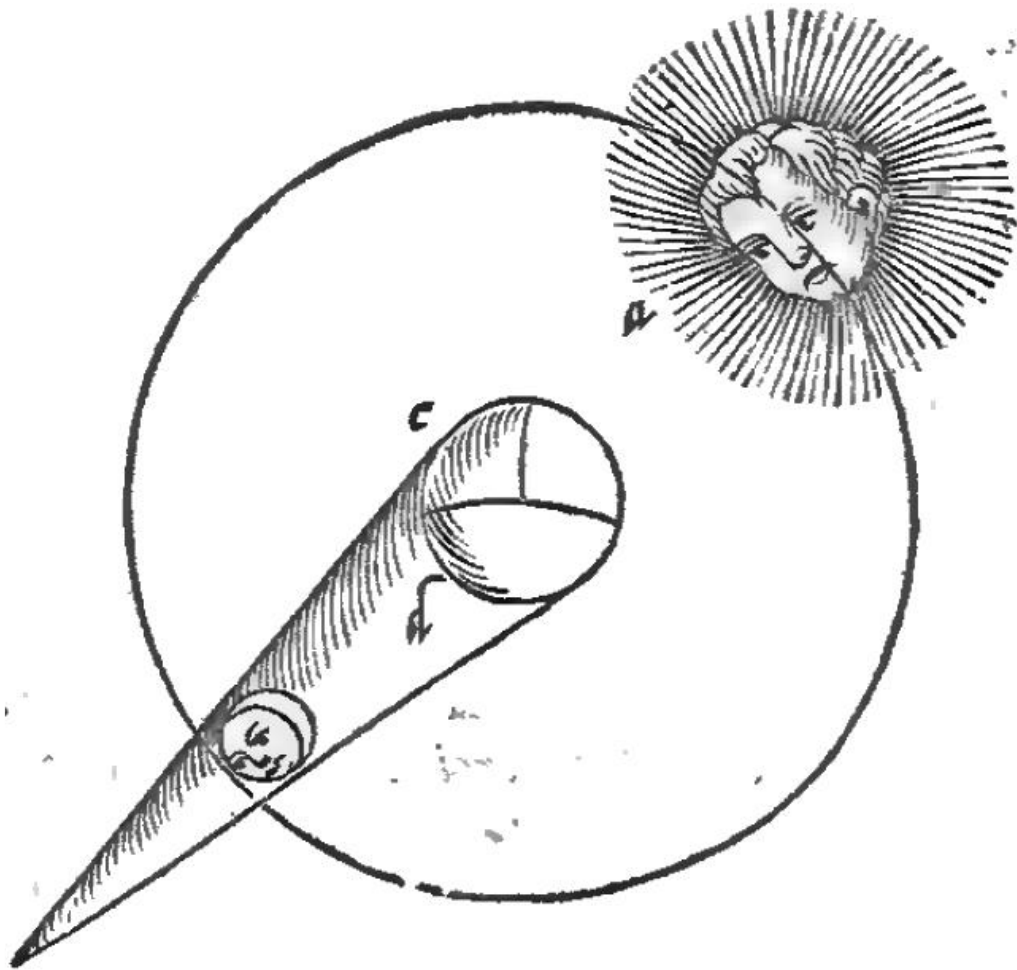
Página en blanco

ECLIPSE TOTAL DE LUNA

Miércoles 26 de mayo de 2021

(Gráficos e información general)

Claudio Carlos Mallamaci
Profesor e investigador retirado de la
Universidad Nacional de San Juan



Eclipse de Luna (del libro "*Della sfera del mondo*", de Alisandro Piccolomini -3ra edición, Venecia, 1552)

NOTAS IMPORTANTES

Las horas indicadas en este documento están expresadas en Tiempo Universal (UT). Para convertirlas en Hora Oficial Argentina (HOA, huso horario XXI) se les deberá restar 3 horas. Ejemplo: El máximo del eclipse en Tiempo Universal se producirá a las 11h18m44s UT, que corresponde a las 8h18m44s HOA.

Las longitudes están expresadas positivas al este del meridiano de Greenwich, de acuerdo con la convención de la Unión Astronómica Internacional (Trans. IAU 18 B, 72, 1983).

Los acimuts¹ están medidos desde el N hacia el E.

N = 0° E = 90° S = 180° W = 270°

Los gráficos fueron realizados utilizando QGIS v3.16 (Hannover), Versamap 2.07 (versión para DOS), Paint Shop 7 (versión OEM de Jasc Software) y/o Excel de MS Office Professional Plus (versión 2019), de acuerdo con las siguientes situaciones:

Región de visibilidad: Las curvas que limitan la región de visibilidad de una determinada fase fueron dibujadas con Versamap 2.07 (versión para DOS), y la imagen de fondo fue obtenida de <http://www2.demis.nl/>.

Hemisferios de visibilidad: Las imágenes de la Tierra son una composición de imágenes satelitales desarrollada por The Living Earth, Inc. (© 1996) y fueron representadas en proyección ortográfica utilizando QGIS 3.16 (Hannover).

Gráficos de perigeos y apogeos, y de la serie saros: Fueron realizados con Excel de MS Office Professional Plus (versión 2019).

La mayoría de los gráficos fueron hechos mediante un procedimiento *semi-manual*², por lo que ellos deben tomarse sólo de manera orientativa, y no exactos, pues están afectados del error natural de la representación manual.

Manifiesto un especial agradecimiento al Ing. Carlos Lizana, profesor retirado de la Universidad Nacional de San Juan, y al Ing. Eduardo Márquez, profesor del Centro de Fotogrametría, Cartografía y Catastro de la Facultad de Ingeniería de la UNSJ, quienes (en 1919) me ayudaron con el manejo de algunas funciones básicas del *software* QGIS (<http://www.qgis.org/>).

Los cálculos pertinentes fueron realizados por el autor en QuickBasic (DOS) utilizando el procedimiento desarrollado en el *Handbuch für Sternfreunde* (3. Auflage, Kap. 13, Springer-Verlag, 1981). Parte de la programación se hizo utilizando algoritmos del libro *Astronomical Algorithms* de Jean Meeus (1991, Willmann-Bell, Inc.) y del *Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac* (versión 1992, University Science Books, EEUU y versión 1961, Her Majesty's Stationery Office, Londres).

Las coordenadas del Sol y de la Luna fueron calculadas con el *software Multiyear Interactive Computer Almanac 1800 - 2050* publicado por el United States Naval Observatory.

Las direcciones cardinales "Norte, Sur, Este y Oeste" han sido simbolizadas de distintas maneras de acuerdo con el contexto en que se usan, tratando de evitar confusiones. Por ejemplo, la dirección "oeste" puede estar representada como O, W, o con la palabra completa.

¹ Plural formado de acuerdo a la regla h del Diccionario panhispánico de dudas (DPD), página de la Real Academia Española, consultado el 26 de enero de 2021.

² Algunas partes de los gráficos fueron realizadas de manera manual con *Paint Shop 7*, y luego transferidas al gráfico generado por el software especializado.

Eclipse total de Luna – 26 de mayo de 2021

Claudio Carlos Mallamaci
Profesor e investigador retirado de la
Universidad Nacional de San Juan
(FCEFN, OAFA, FFHA, DFQ)³
e-mail: ccmalla@gmail.com

Generalidades

El miércoles 26 de mayo de 2021 tendrá lugar el primer eclipse total de Luna después de 856 días de ocurrido el último fenómeno de este tipo (21 de enero de 2019). Será, asimismo, el primero de los cuatro eclipses que se producirán durante el año 2021 (dos de Luna y dos de Sol), en las fechas detalladas más adelante en este documento.

Todas las fases del eclipse (*incluida la fase penumbral*⁴) serán visibles desde Australia, Nueva Zelandia⁵, la Antártida y el Océano Pacífico, en tanto que desde Europa y el oeste de Asia ninguna de las fases será visible. Otras regiones del planeta verán -en distintos grados- sólo el comienzo o el final del fenómeno. Así, desde el continente americano no se podrán ver las etapas finales del eclipse porque éstas ocurrirán después de la puesta de la Luna, esto es, la Luna se pondrá estando eclipsada. Por ejemplo, desde la ciudad de San Juan (Argentina), la puesta de la Luna tendrá lugar a las 11:25 UT, prácticamente al mismo tiempo que termina la fase total (11:26 UT), y el resto del eclipse no será visible. De manera similar, la parte oriental de Asia no verá las primeras etapas del fenómeno porque éstas tendrán lugar antes de la salida de la Luna, esto es, la Luna saldrá ya eclipsada. Por ejemplo, en la ciudad de Nom Pen⁶, Camboya, el comienzo del eclipse no será visible pues la Luna saldrá totalmente eclipsada a las 11:16 UT, tres minutos antes de que se produzca el máximo (11:19 UT). Para una identificación más clara de las regiones de visibilidad, ver gráfico en la página 11.

5

La fase total del eclipse durará apenas 14.5 minutos, pues el fenómeno sucederá con la Luna casi *arrastrándose* por el borde de la sombra, a escasamente 19 segundos de arco de su límite (gráfico en la página 23).

³ FCEFN: Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales; OAFA: Observatorio Astronómico "Félix Aguilar"; FFHA: Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes; DFQ: Departamento de Física y de Química.

⁴ Ésta es una afirmación teórica, pues, dada la tenuidad de la penumbra, esta fase es, en general, invisible. Sólo cuando la Luna se encuentra muy próxima a ingresar en el cono de sombra es posible detectar algún suave oscurecimiento en su superficie.

⁵ La Real Academia Española, en su diccionario panhispánico de dudas, acepta como válidas las grafías Nueva Zelandia y Nueva Zelanda, pero la propia embajada del país, como también así las Naciones Unidas, adoptan la grafía con "i" (Nueva Zelandia).

<https://www.mfat.govt.nz/es/countries-and-regions/americas/argentina/new-zealand-embassy/>
<https://www.un.org/es/about-us/member-states>
<https://www.rae.es/dpd/Nueva%20Zelanda>

⁶ Capital de Camboya. Grafía recomendada por la Real Academia Española en "Ortografía de la lengua española" (capítulo 4, "Lista de países y capitales, con sus gentilicios"). También en FundéuRAE

<https://www.fundeu.es/recomendacion/camboya-nombre-del-pais-asiatico-744/#:~:text=La%20denominación%20oficial%20de%20este,Su%20gentilicio%20es%20camboyano>

Eclipse total de Luna – 26 de mayo de 2021

Eclipses durante el año 2021 (en UT)

Miércoles 26 de mayo	Total de Luna (55° del saros N° 121) visible en Australia, este de Asia, Océano Pacífico, sur de Sudamérica, México y oeste de Norteamérica.
Jueves 10 de junio	Anular de Sol (23° del saros N° 147) Visible en el norte de Norteamérica, Océano Atlántico Norte, Océano Ártico, Europa y Asia. La fase anular sólo visible desde el norte de Canadá, regiones árticas cercanas al polo norte, Groenlandia y Rusia.
Viernes 19 de noviembre	Parcial de Luna (45° del saros N° 126) Visible en el continente americano, Océano Pacífico, Australia, noroeste de África y gran parte de Europa y Asia.
Sábado 4 de diciembre	Total de Sol (13° del saros N° 152) Visible en la Antártida, Sudáfrica, sur del Océano Atlántico y sur del Océano Índico. La fase total sólo visible desde la Antártida.

Los números de las series saros, indicadas entre paréntesis, se corresponden con los propuestos por G. van den Bergh [*Periodicity and Variations of Solar (and Lunar) Eclipses. 1955*].

Será el miembro número 55 de la serie saros N° 121, que tiene una duración de 1460 años y 82 eclipses en total. Algunos detalles de la serie⁷ puede verse en la tabla de más abajo, y la serie completa, en forma gráfica, en la página 25 y siguientes:

Duración	: 1460.44 años
Cantidad de eclipses	: 82
Eclipses penumbrales	: 40
Eclipses parciales	: 13
Eclipses <i>totales</i> ⁸	: 29
Primer eclipse de la serie	: 06 de octubre de 1047 (borde sur de la penumbra)
Último eclipse de la serie	: 18 de marzo de 2508 (borde norte de la penumbra)
Fase total de mayor duración	: 18 de octubre 1660 (1h40m)
Fase total de menor duración	: 26 de mayo de 2021 (15m)⁹
Eclipse parcial de mayor duración	: 03 de julio de 1498 (3h11m)
Eclipse parcial de menor duración	: 11 de agosto de 2147 (1h06m)
Eclipse penumbral de mayor duración	: 29 de abril de 1390 (4h32m)
Eclipse penumbral de menor duración	: 18 de marzo de 2508 (1h05m)
Eclipse parcial de mayor magnitud	: 03 de julio de 1498 (0.8867)
Eclipse parcial de menor magnitud	: 11 de agosto de 2147 (0.0941)

El eclipse tendrá lugar en la constelación de Scorpius, en el nodo descendente de la órbita lunar¹⁰ y el máximo (11:19 UT) ocurrirá 9h26m después de que la Luna pase por su *segundo*¹¹ *perigeo más cercano* del año 2021 (357309 km, el 26 de mayo a la 01:53 UT). Catorce días antes, la Luna habrá pasado por su apogeo *más lejano* del año (406511 km, el 11 de mayo a las 21:55 UT). En el momento del máximo, la Luna se encontrará a 357464 km de la Tierra y presentará un diámetro angular de 33.4 minutos de arco.

⁷ Adaptado de <http://eclipsewise.com/lunar/LEsaros/LEsaros121.html>

⁸ "Totales" en el sentido de tipo de eclipses.

⁹ El eclipse de esta publicación.

¹⁰ Con la Luna moviéndose hacia el norte con cada nuevo eclipse de la serie.

¹¹ El perigeo *más cercano* del año 2021 tiene lugar el 4 de diciembre a la hora 10:02 UT.

Eclipse total de Luna – 26 de mayo de 2021

Tabla de perigeos y apogeos de la Luna para el año 2021

La siguiente tabla lista los perigeos y apogeos de la Luna durante el año 2021. En color verde, los más cercanos, en color morado los más lejanos y en color azul el perigeo del día del eclipse (segundo perigeo más cercano del año 2021). La fig. 1 muestra esta misma tabla en forma gráfica (también en la pag. 24).

Perigeo			Apogeo		
Fecha	UT [hh:mm]	D [km]	Fecha	UT [hh:mm]	d [km]
Ene 9	15:40	367389	Ene 21	13:12	404360
Feb 3	19:34	370126	Feb 18	10:23	404465
Mar 2	5:20	365421	Mar 18	5:05	405252
Mar 30	6:13	360310	Abr 14	17:48	406119
Abr 27	15:25	357378	May 11	21:55	406511
May 26	1:53	357309	Jun 8	2:28	406228
Jun 23	9:59	359959	Jul 5	14:49	405341
Jul 21	10:31	364519	Ago 2	7:36	404410
Ago 17	9:25	369126	Ago 30	2:23	404098
Sep 11	10:07	368463	Sep 26	21:45	404639
Oct 8	17:29	363387	Oct 24	15:31	405614
Nov 5	22:24	358844	Nov 21	2:15	406275
Dic 4	10:02	356793	Dic 18	2:18	406321

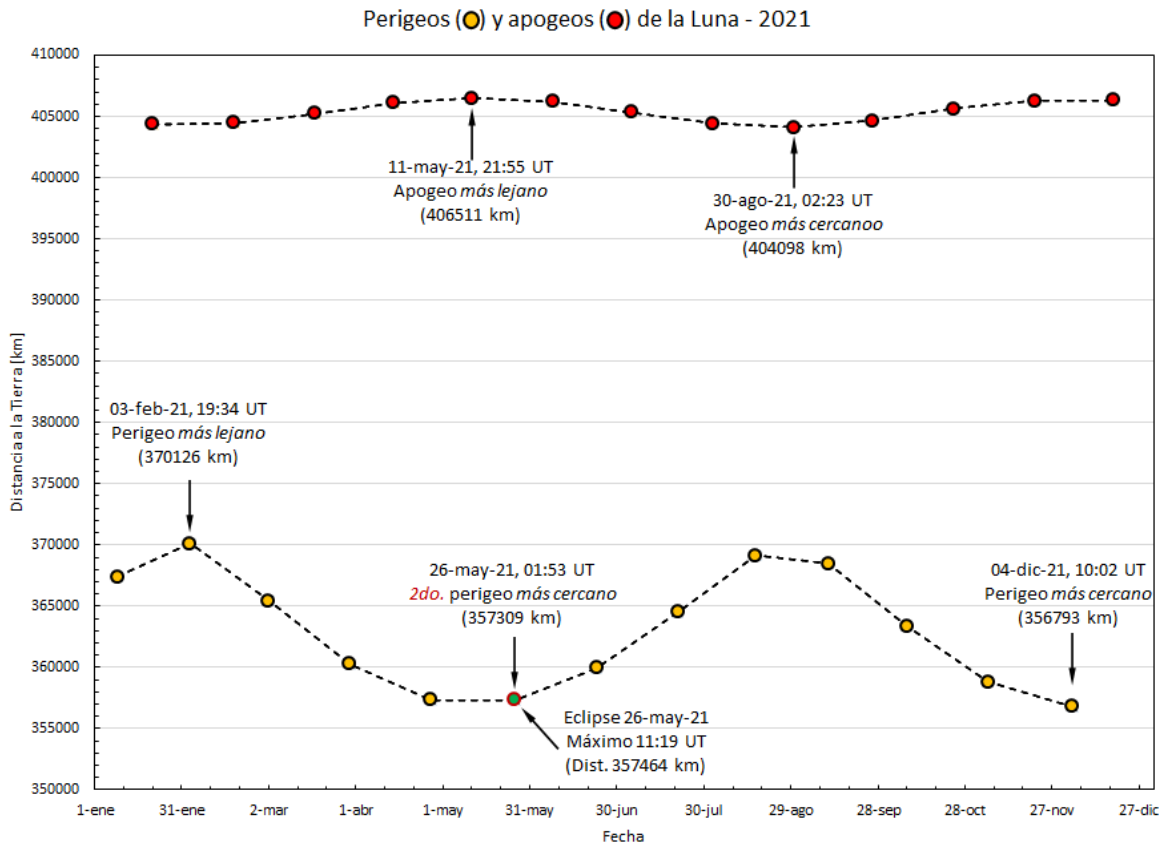


Fig. 1: Perigeos y apogeos de la Luna durante el año 2021. El círculo verde con perímetro rojo identifica el día del eclipse, coincidente con el del *segundo perigeo más cercano* del año. Las líneas de trazo no tienen más significación que la de hacer más claro el dibujo.

Eclipse total de Luna – 26 de mayo de 2021

Circunstancias generales

Oposición en longitud eclíptica (hh:mm:ss)	11:15:02 TD (11:13:53 UT)
Oposición en ascensión recta (hh:mm:ss)	11:05:56 TD (11:04:46 UT)
Máximo del eclipse (hh:mm:ss)	11:19:53 TD (11:18:43 UT)
Delta T (TD - UT)	69.4 s
Magnitud de sombra ¹²	1.0095
Radio de la sombra	0.772°
Magnitud de penumbra ¹³	1.9540
Radio de la penumbra	1.298°
Gamma (distancia entre el centro del cono de sombra y el centro de la Luna en radios terrestres; positivo al N)	0.4774 rt
Épsilon (distancia angular geocéntrica entre el centro del cono de sombra y el centro del disco de la Luna, en grados)	0.4880°

Coordenadas geocéntricas del Sol y la Luna en el máximo del eclipse (11:19:53 TD / 11:18:43 UT)

Sol	Luna
AR: 04h14m03.6s	AR: 16h14m37.8s
Decl.: +21°12'25.4"	Decl.: -20°44'15.0"
Semidiámetro: 15'47.3"	Semidiámetro: 16'42.9"
Paralaje horizontal: 8.7"	Paralaje horizontal: 01°01'20.5"

8

Duración de las fases

Todas las fases	5h02m09s
Fase penumbral (U1 - P1) + (P4 - U4)	1h54m42s
Fase parcial (U2 - U1) + (U4 - U3)	2h52m56s
Fase total (U3 - U2)	0h14m31s

Con respecto al ciclo lunar¹⁴, la Luna iniciará las *lunaciones*¹⁵ indicadas en la tabla de más abajo, cuyas definiciones¹⁶ se dan luego de la misma:

Brown	BLN: 1217	Hebrea	HLN: 71498
Jean Meeus	LN: 264	Islámica	ILN: 17302
Goldstine	GLN: 37369	Thai	TLN: 17107

¹² Fracción del diámetro de la Luna cubierto por la sombra de la Tierra

¹³ Fracción del diámetro de la Luna cubierto por la penumbra de la Tierra

¹⁴ Origen de los ciclos: BLN 1 = 17-ene-1923 LN 0 = 6-ene-2000 GLN 0 = 11-ene-1001 aC
HLN 1 = 7-oct- 3761 aC ILN 1 = 16-jul-622 TLN 0 = 22-mar-638

¹⁵ Una lunación o mes sinódico, es el período entre dos Lunas Nuevas consecutivas. Es el ciclo de las fases lunares, y tiene una duración *promedio* de 29 días, 12 horas, 44 minutos, 2.8 segundos (puede variar entre 29 días, 6 horas y 29 días, 19 horas).

¹⁶ https://en.wikipedia.org/wiki/New_moon, en el apartado "Lunation Number"

Eclipse total de Luna – 26 de mayo de 2021

BLN (Brown Lunation Number): Se corresponde con la presentación de la *Teoría de la Luna* del matemático inglés-estadounidense Ernest William Brown, en la que la Lunación Nro. 1 corresponde a la primera Luna Nueva del año 1923 (17 de enero a las 02:41 UT).

LN (Lunation Number): Fue propuesta por el meteorólogo belga Jean Meeus, haciendo corresponder la Lunación Nro. 0 con la primera Luna Nueva del año 2000 (6 de enero a las 18:14 UT).

GLN (Goldstine Lunation Number): Fue definida por el matemático estadounidense Herman Heine Goldstine en su libro *"New and Full Moons: 1001 B.C. to A.D. 1651"*, en el que la Lunación Nro. 0 corresponde al 11 de enero de 1001 aC.

HLN (Hebrew Lunation Number): Está basada en el calendario lunisolar hebreo, y la Lunación Nro. 1 está definida para el 7 de octubre de 3761 aC, fecha aceptada por el judaísmo para la creación del mundo o Anno Mundi.

ILN (Islamic Lunation Number): Está definida de acuerdo con el calendario lunar islámico, y la Lunación Nro. 1 corresponde al 16 de julio de 622, fecha de la migración del Profeta Mahoma de la Meca a Medina.

TLN (Thai Lunation Number): Establecida de acuerdo con el calendario del sudeste asiático, con la Lunación Nro. 0 para el 22 de marzo de 638.

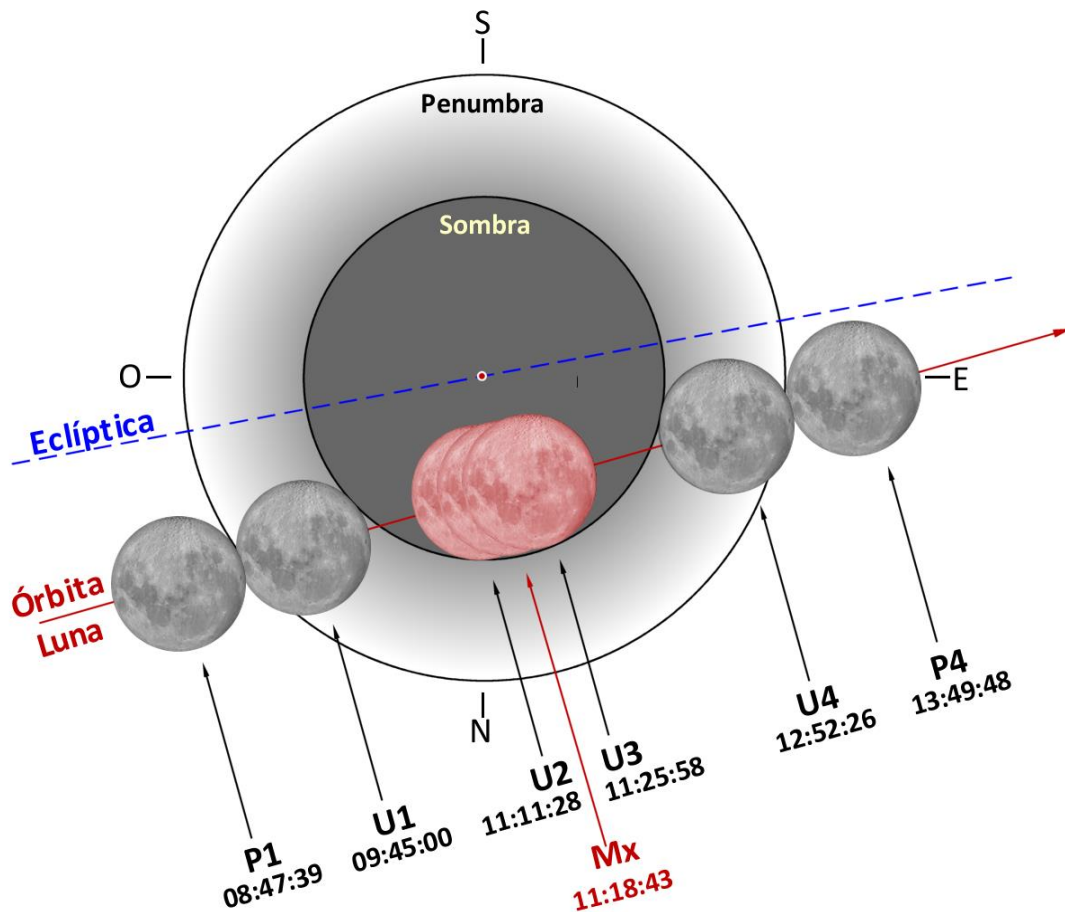
Correspondencia entre los distintos ciclos:

Ciclo de referencia: LN = 0 (6-ene-2000, Jean Meeus)
BLN = LN + 953
GLN = LN + 37105
HLN = LN + 71234
ILN = LN + 17038
Thai = LN + 16843

En lo que sigue se presenta un informe gráfico general del fenómeno astronómico.

Eclipse total de Luna – 26 de mayo de 2021

Diagrama general del recorrido de la Luna por la sombra de la Tierra (Horas en UT)



10

Horas de las fases en Tiempo Universal ($\Delta T = 69.4s$)

UT	Fase	La Luna en el cenit de	
		λ	ϕ
08:47:39.3	P1: Comienzo del eclipse. Primer contacto penumbral ¹⁷	134°03'W	20°18'S
09:44:59.5	U1: Comienzo primera fase parcial. Primer contacto <i>umbral</i> ¹⁸	147°48'W	20°28'S
11:11:27.7	U2: Comienzo fase total. Segundo contacto <i>umbral</i>	168°32'W	20°43'S
11:18:43.3	Mx: Máximo del eclipse	170°16'W	20°44'S
11:25:58.3	U3: Fin fase total. Tercer contacto <i>umbral</i>	172°01'W	20°46'S
12:52:26.3	U4: Fin última fase parcial. Cuarto contacto <i>umbral</i>	167°16'E	21°00'S
13:49:47.9	P4: Fin del eclipse. Cuarto contacto penumbral	153°30'E	21°09'N

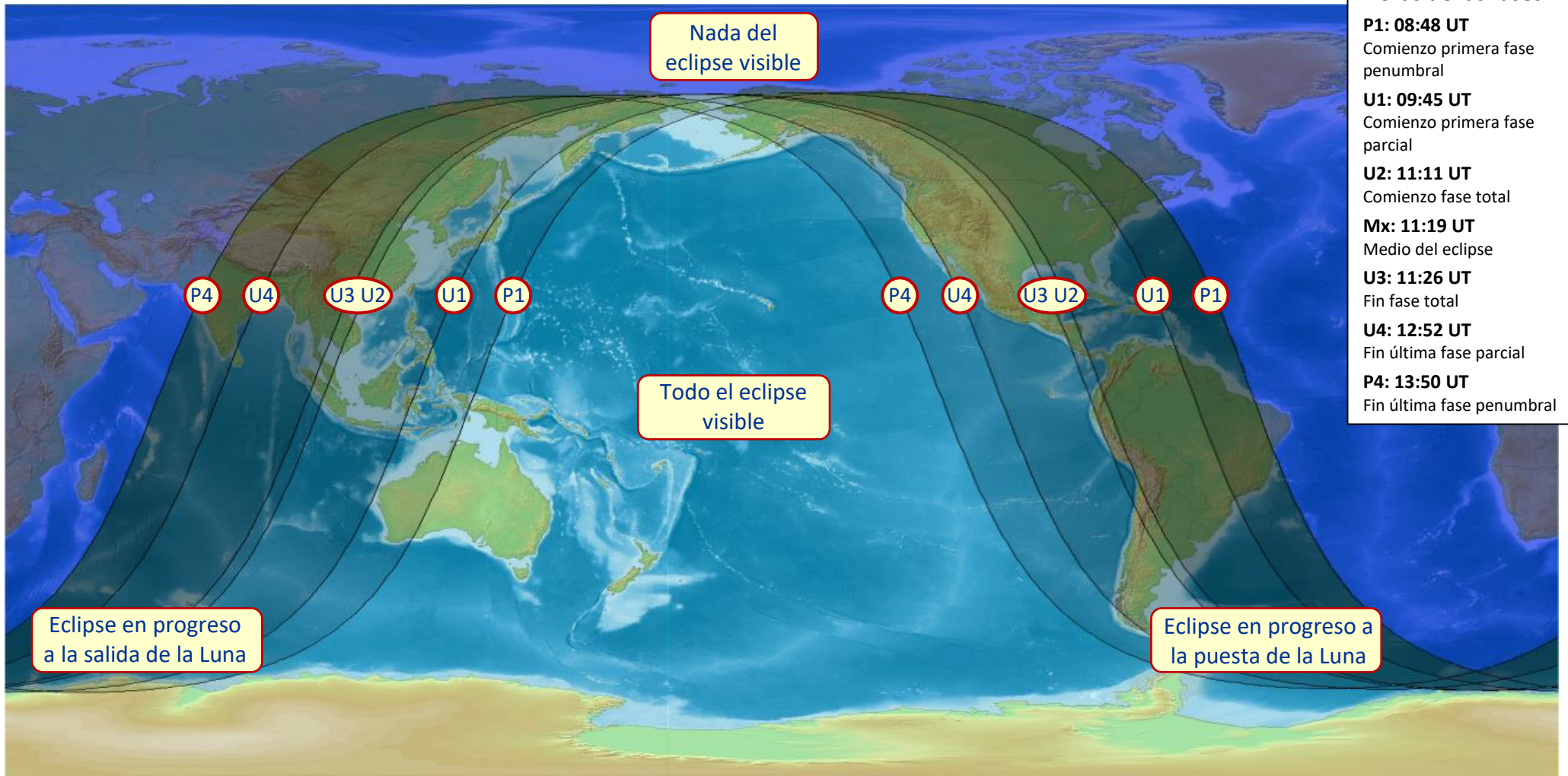
Duración total del eclipse (P1 a P4)	:	05h02m09s
Duración de la fase de la sombra (U1 a U4); fase parcial y total:	:	03h07m27s
Duración de la fase total (U2 a U3)	:	00h14m31s
Magnitud umbral	:	1.0095
Magnitud penumbral	:	1.9540

¹⁷ Penumbral: relativo a la penumbra (del latín, *paene* = casi y *umbra* = sombra)

¹⁸ *Umbral*: relativo a la sombra (del latín, *umbra* = sombra)

Eclipse total de Luna – 26 de mayo de 2021

Región de visibilidad



- Horas de las fases:**
- P1: 08:48 UT**
Comienzo primera fase penumbral
 - U1: 09:45 UT**
Comienzo primera fase parcial
 - U2: 11:11 UT**
Comienzo fase total
 - Mx: 11:19 UT**
Medio del eclipse
 - U3: 11:26 UT**
Fin fase total
 - U4: 12:52 UT**
Fin última fase parcial
 - P4: 13:50 UT**
Fin última fase penumbral

Página en blanco

Eclipse total de Luna – 26 de mayo de 2021

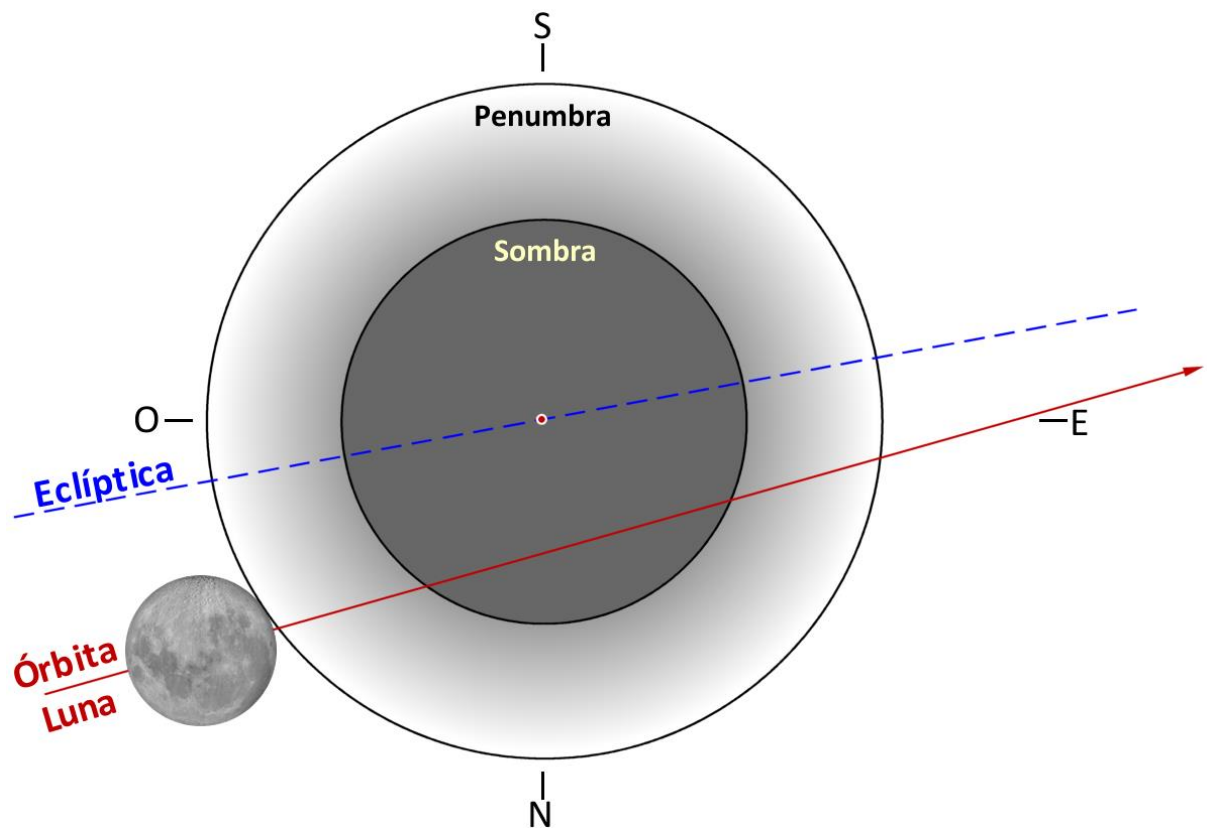
Fases y hemisferios de visibilidad (La Tierra vista desde la Luna)

En esta sección se presentan los hemisferios desde donde será visible el **comienzo o el fin de una determinada fase**, la que se indica en el encabezado de cada página. En cada una de ellas se presentan dos gráficos: el superior muestra la fase del eclipse y el inferior el hemisferio desde dónde ésta es visible.

13

Eclipse total de Luna – 26 de mayo de 2021

Comienzo del eclipse en general
P1: 08h48m UT (fase penumbral)

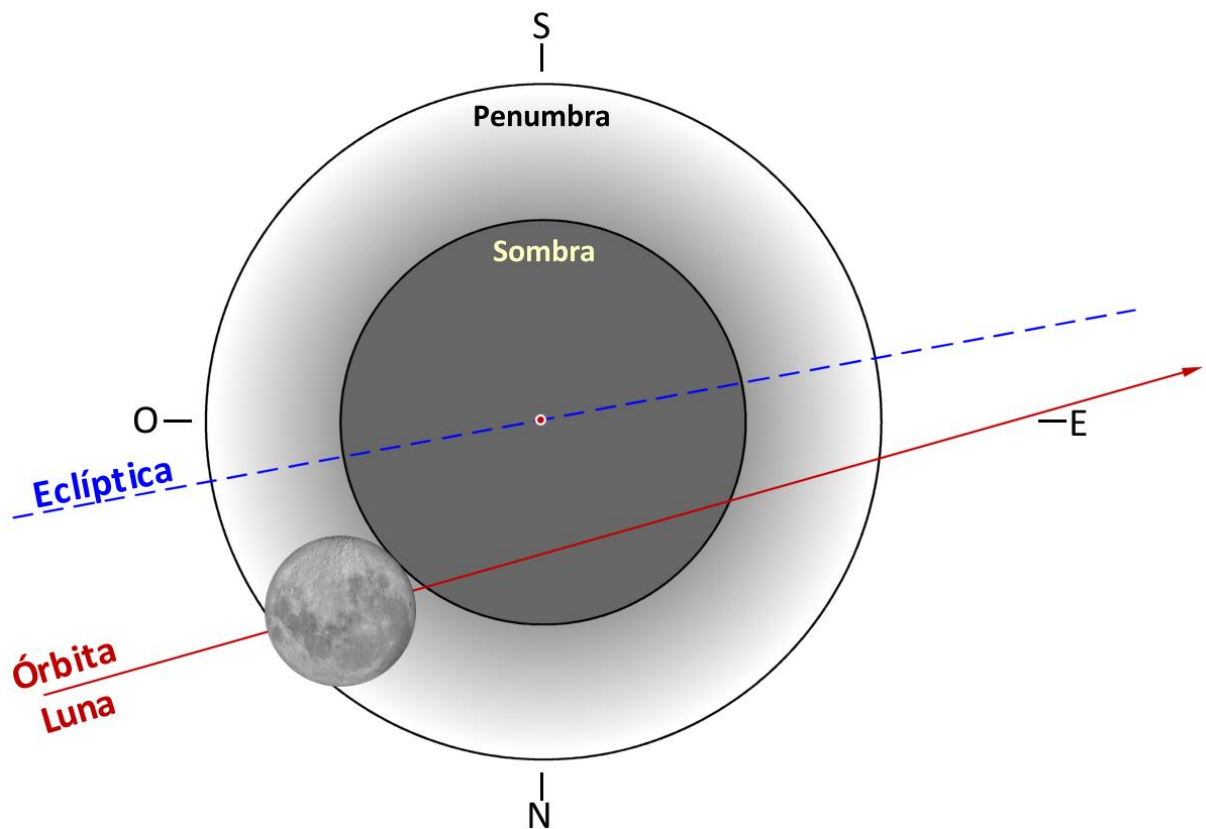


14



Eclipse total de Luna – 26 de mayo de 2021

Comienzo de la fase de la sombra
U1: 09h45m UT (primera fase parcial)

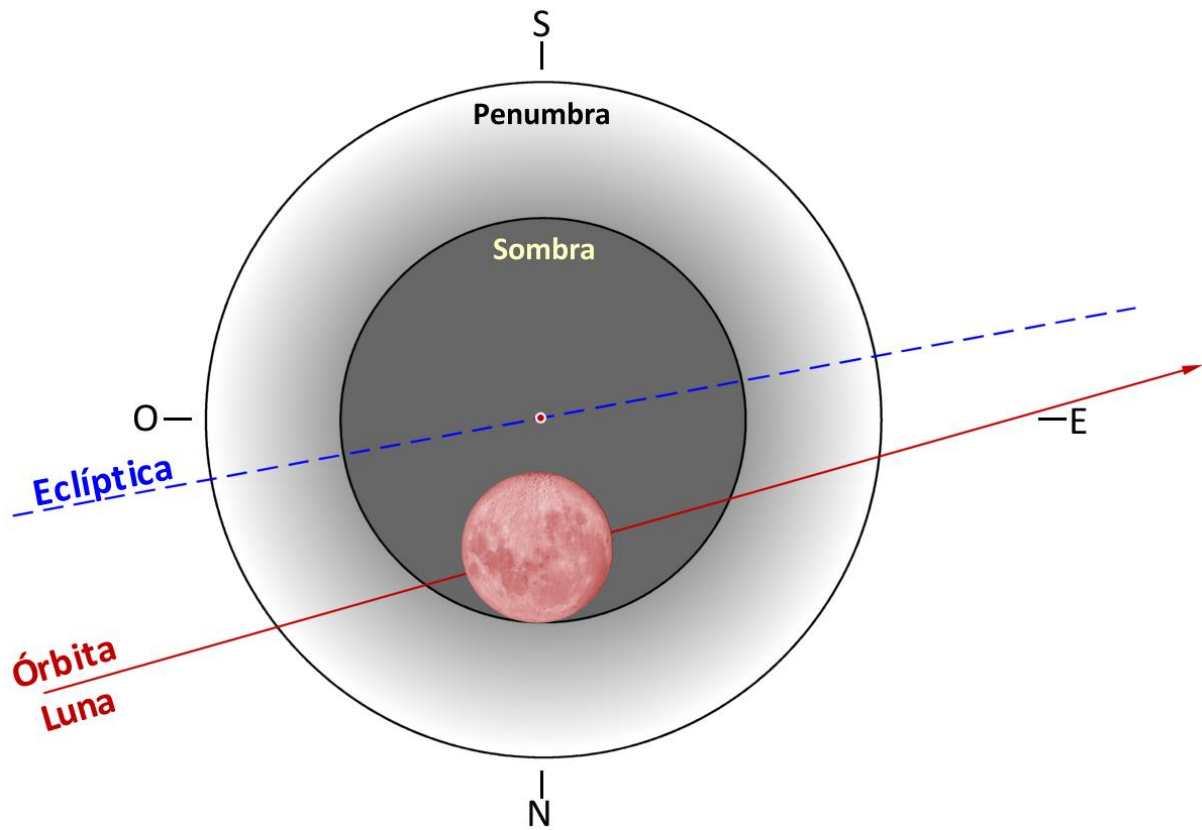


15



Eclipse total de Luna – 26 de mayo de 2021

Comienzo de la fase total
U2: 11h11m UT



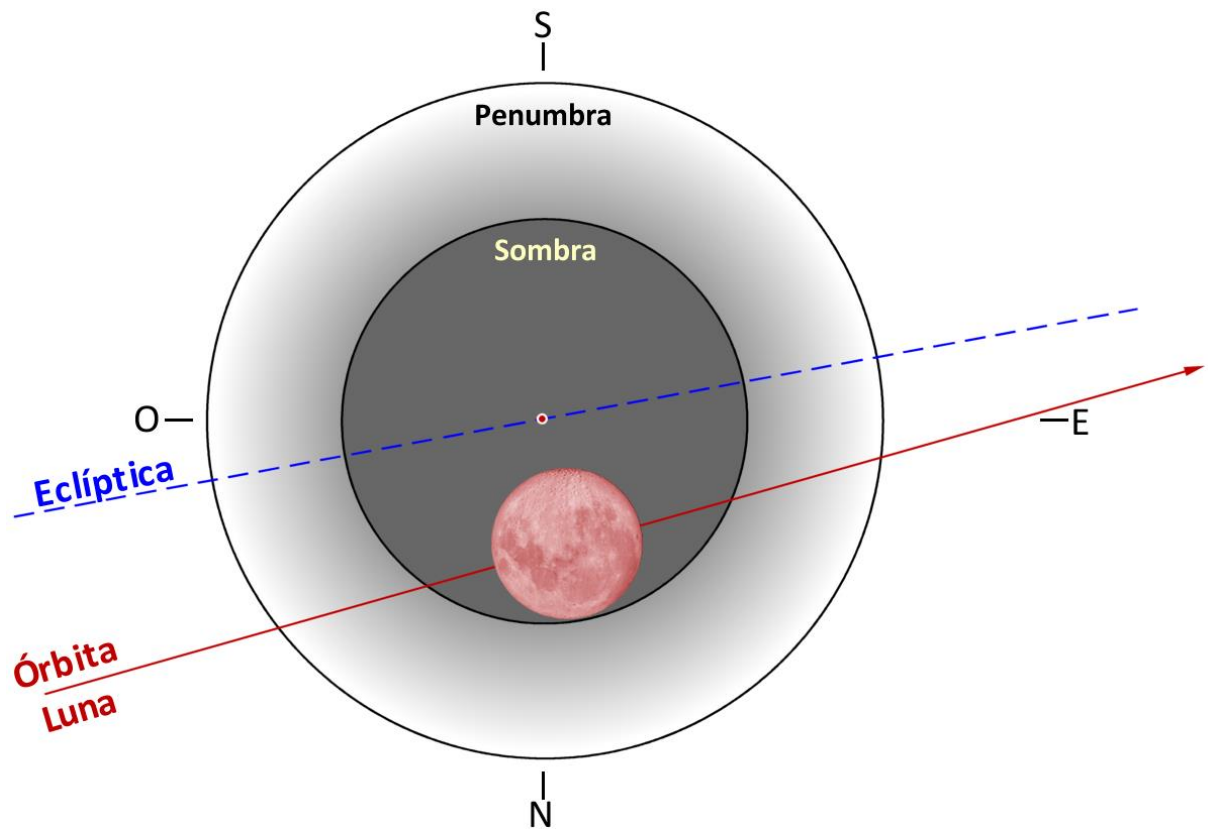
16



Eclipse total de Luna – 26 de mayo de 2021

Máximo del eclipse

Mx: 11h19m UT



17



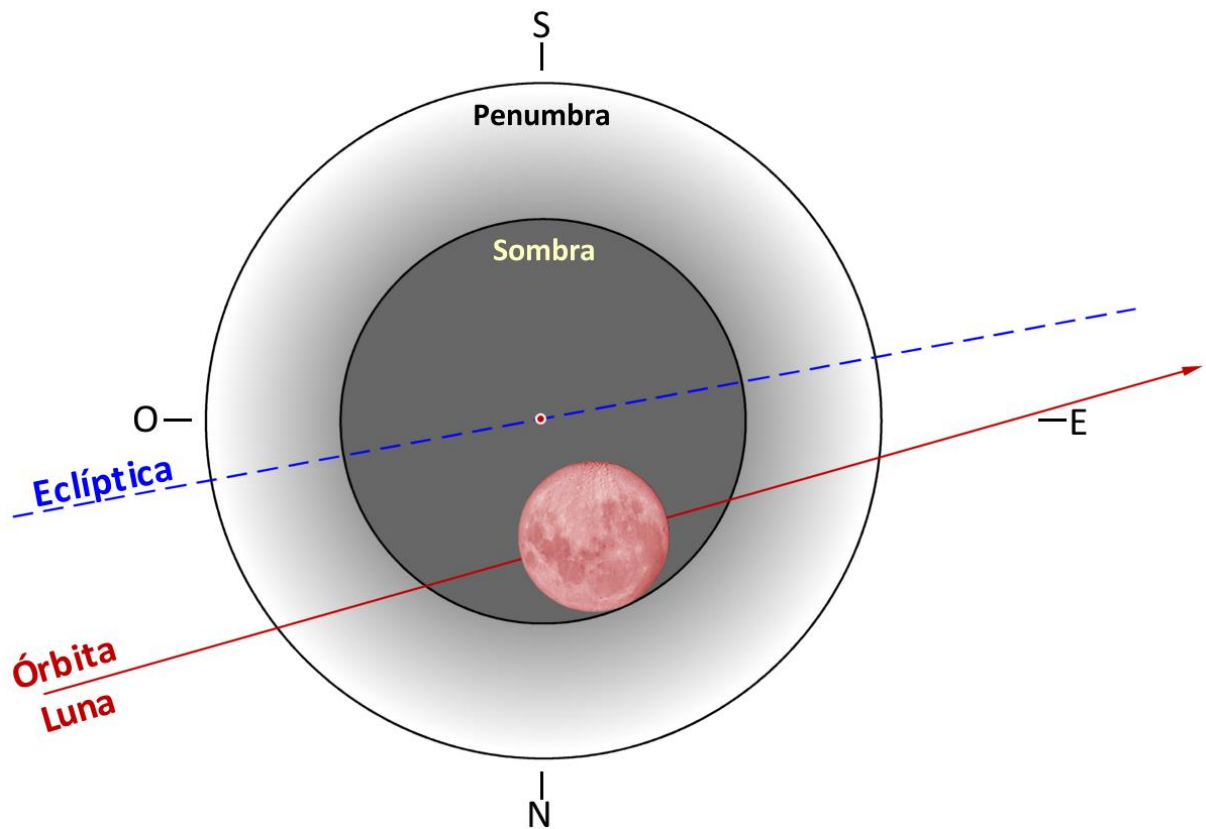
El máximo del eclipse tendrá lugar a la hora **11:19 UT**, y será visible desde el Océano Pacífico, oeste de América del Norte y de América del Sur, Antártida, Australia, Nueva Zelanda, Indonesia, Papua Nueva Guinea, Japón, Filipinas, costa este de Asia e islas de la región (fig. de la izquierda). En el momento del máximo, la Luna se encontrará sobre el Océano Pacífico, en el cenit de un punto situado a unos 513 km al este de la isla de Tonga, 190 km al sur de la isla de Niue y 1095 km al oeste de las islas Cook.

La magnitud *umbral* del eclipse será de **1.01**, lo que significa que la Luna penetrará en el cono de sombra de la Tierra *apenas* un 1% más de su diámetro (el borde norte de la Luna *estará casi tocando* el borde norte de la sombra) (fig. superior y pág. 23).

Eclipse total de Luna – 26 de mayo de 2021

Fin de la fase total

U3: 11h26m UT

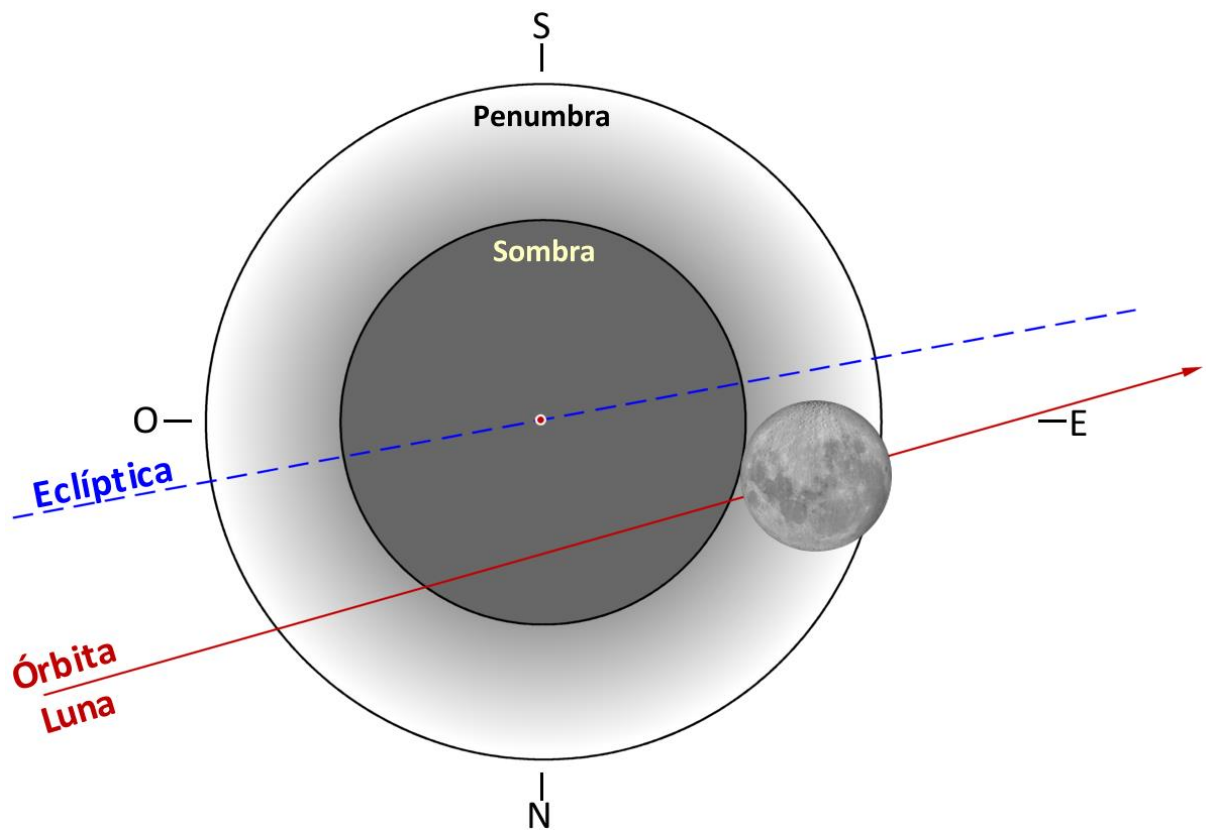


18



Eclipse total de Luna – 26 de mayo de 2021

Fin de la fase de la sombra
U4: 12h52m UT (fin segunda fase parcial)



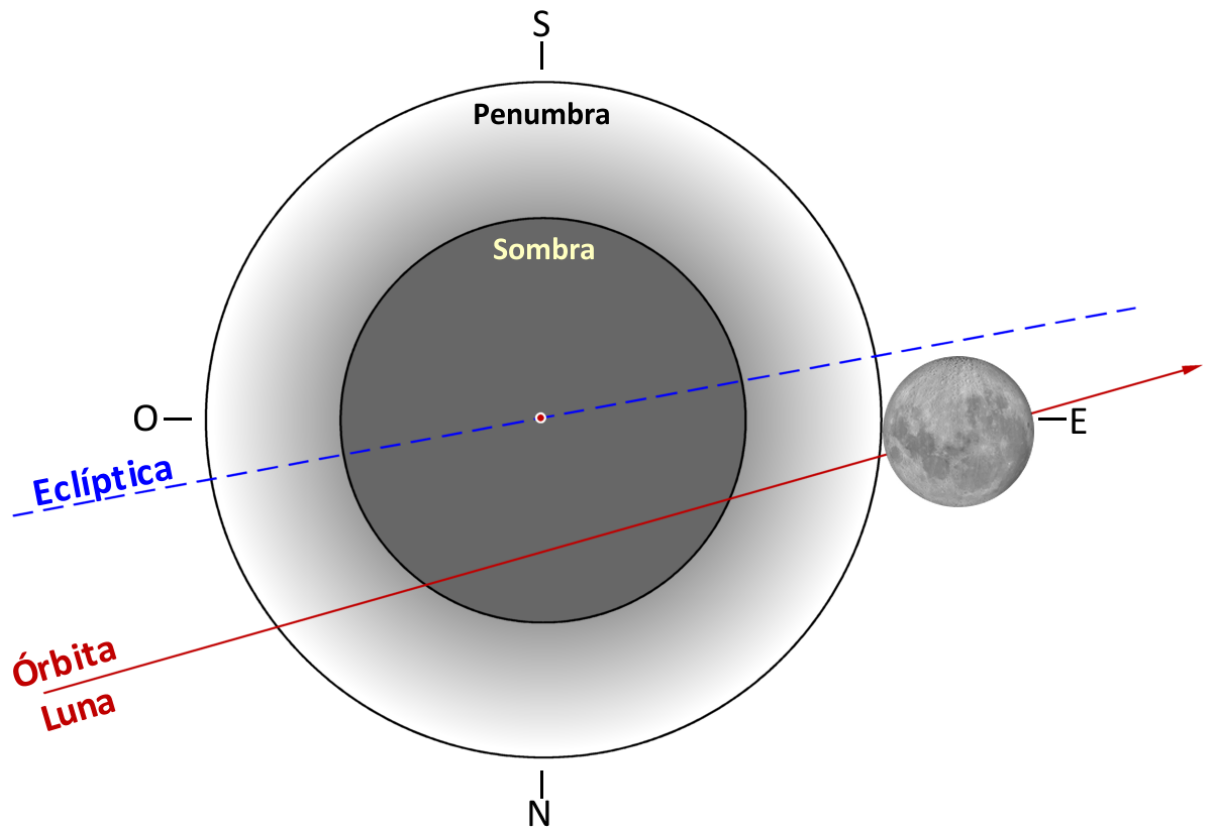
19



Eclipse total de Luna – 26 de mayo de 2021

Fin del eclipse en general

P4: 13h50m UT (fin segunda fase penumbral)

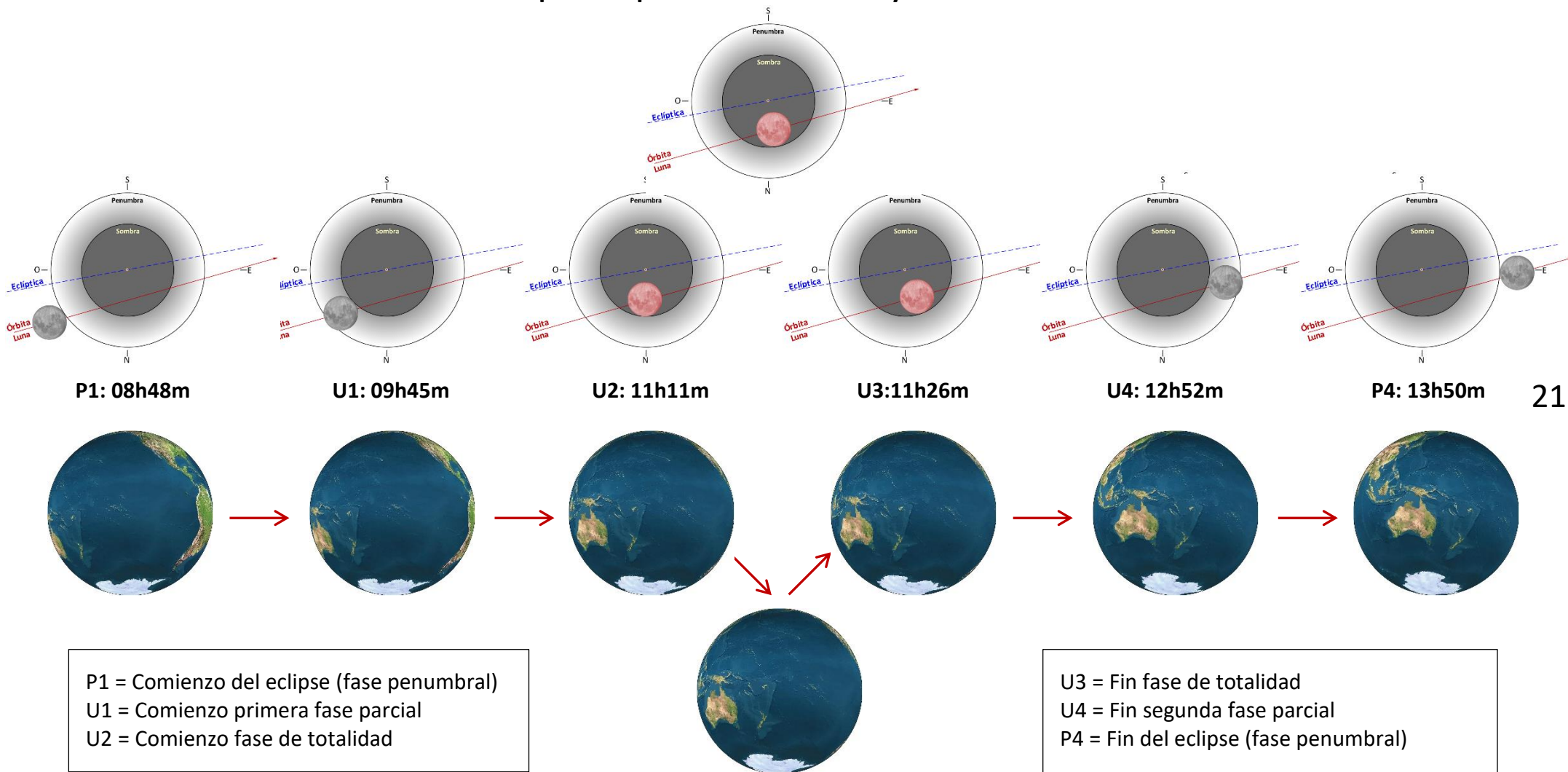


20



Eclipse total de Luna – 26 de mayo de 2021

Desarrollo temporal esquemático de las fases y hemisferios de visibilidad

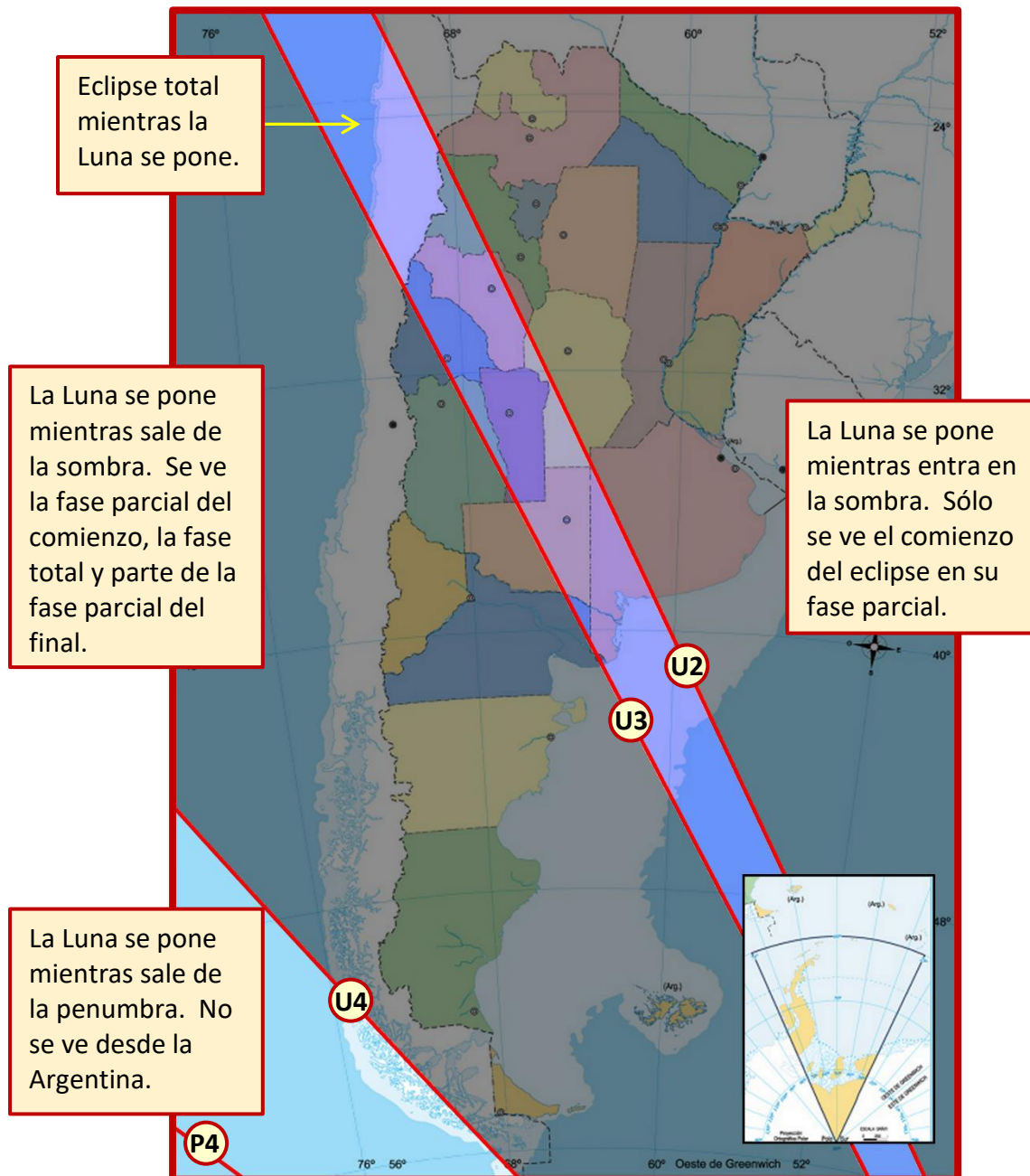


Máximo: 11h19m

Eclipse total de Luna – 26 de mayo de 2021

El eclipse para la República Argentina

El eclipse será visible de manera *incompleta* desde toda la República Argentina, a menos de 20° de altura sobre el horizonte oeste. El fenómeno ocurrirá a la puesta de la Luna, en las últimas horas de la noche próximas al amanecer. La situación general para todo el país puede verse en el siguiente gráfico:



22

Al norte de U2: la Luna se pone mientras entra en el cono de sombra. Sólo se verá el comienzo del eclipse en su fase parcial. La fase total no se ve.

Entre U2 y U3: La Luna se pone mientras tiene lugar la fase total. Se ve la fase parcial inicial y parte de la fase total (sobre U2 nada de la fase total, sobre U3 toda la fase total).

Al sur de U3: la Luna se pone mientras sale del cono de sombra. Se ve la fase parcial del comienzo, la fase total y parte de la fase parcial del final.

Entre U4 y P4: la Luna se pone mientras sale del cono de penumbra. Esta fase es intrínsecamente invisible, pero no se vería desde la República Argentina.

Eclipse total de Luna – 26 de mayo de 2021

Cómo se verá

Es frecuente que, durante la fase de totalidad de un eclipse de Luna, ésta se vea con una coloración rojiza relativamente oscura, sin embargo, el aspecto real que presenta cada eclipse en particular es siempre difícil de prever, pues depende en gran medida de cuánta luz es bloqueada o dispersada por la atmósfera terrestre, antes de refractarse y alcanzar la superficie lunar. Durante la fase de totalidad la Luna no desaparece del todo -aun estando completamente inmersa en el cono de sombra de la Tierra- porque, aunque la luz del Sol está bloqueada por el cuerpo físico de la Tierra, parte de aquella se refracta en la atmósfera terrestre y alcanza la superficie de nuestro satélite natural. La coloración puede variar desde gris oscuro hasta rojo brillante, dependiendo de las condiciones físicas de la atmósfera terrestre (contenido de agua, polvo, cenizas volcánicas, etc.).

Otro punto interesante para destacar es el hecho de que este eclipse tendrá lugar cuando la Luna se encuentre prácticamente en su perigeo, por lo que la misma se verá con un tamaño aparente mayor que el habitual. En efecto, el máximo del eclipse (26may2021, 11:19 UT) se producirá 9h29m después de que la Luna pase por su perigeo (26may2021, 01:50 UT) y minutos después de la Luna Llena (26may2021, 11:14 UT). La diferencia de tamaño aparente de la Luna cuando ésta se encuentra en el perigeo y cuando se encuentra en el apogeo es de, aproximadamente, 14%, lo cual puede apreciarse fácilmente en las imágenes de más abajo.



26 de mayo de 2021.
Luna Llena en el perigeo.
Diámetro aparente = 33'40"



19 de diciembre de 2021.
Luna Llena en el apogeo.
Diámetro aparente = 29'40"

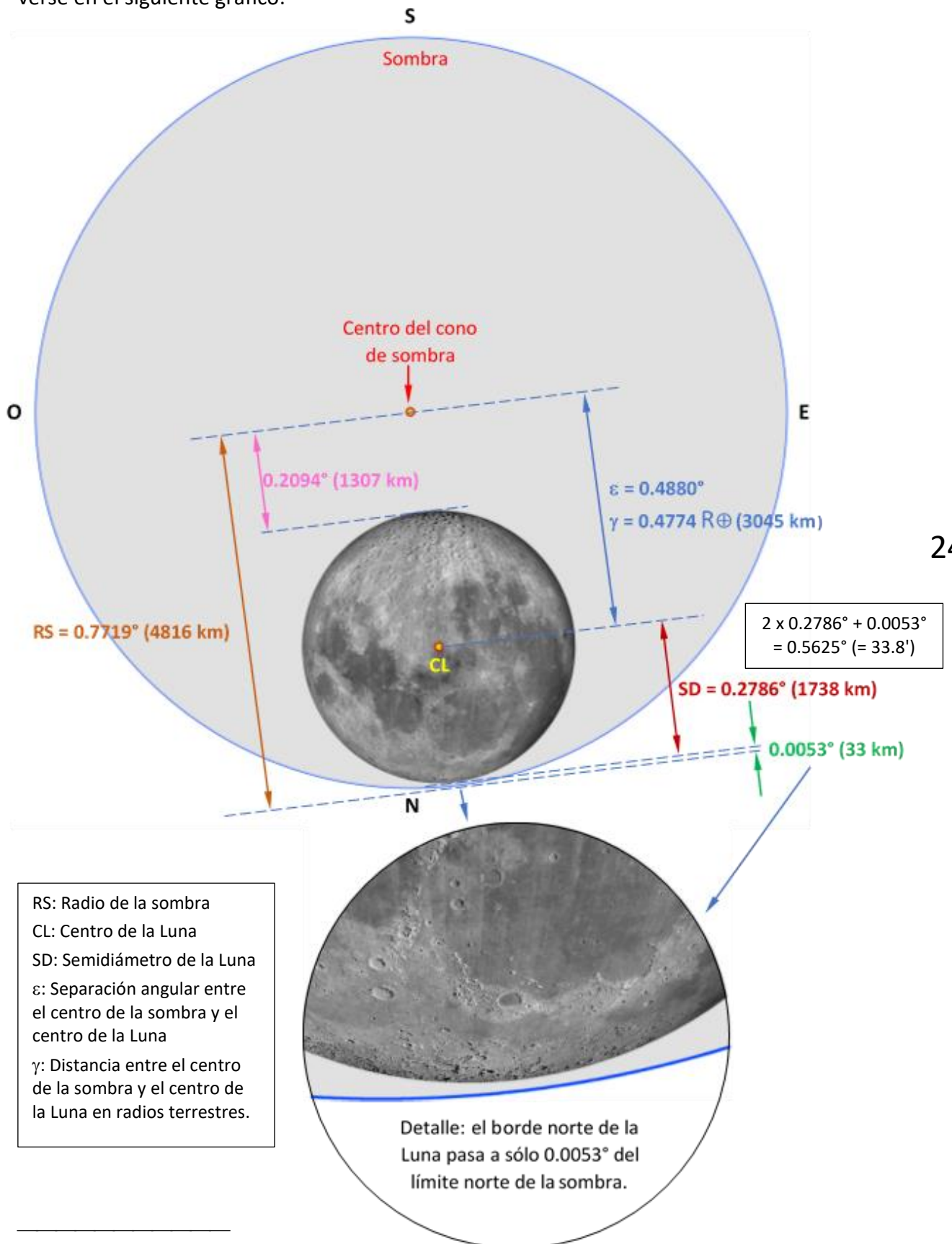
La imagen de la izquierda corresponde a la Luna tal como se verá el día del eclipse, cuando la Luna Llena acontezca 9h30m después de que pase por el perigeo, y la imagen de la derecha a cómo se verá el 19 de diciembre de este mismo año, cuando la Luna Llena tenga lugar 26 horas después de que pase por el apogeo.

$$\frac{\text{Diámetro mayo 2021}}{\text{Diámetro diciembre 2021}} = \frac{33'40''}{29'40''} = 1.135$$

Es decir, la Luna Llena de diciembre de 2021 se verá 13.5% más grande que la de mayo del mismo año.

Eclipse total de Luna – 26 de mayo de 2021

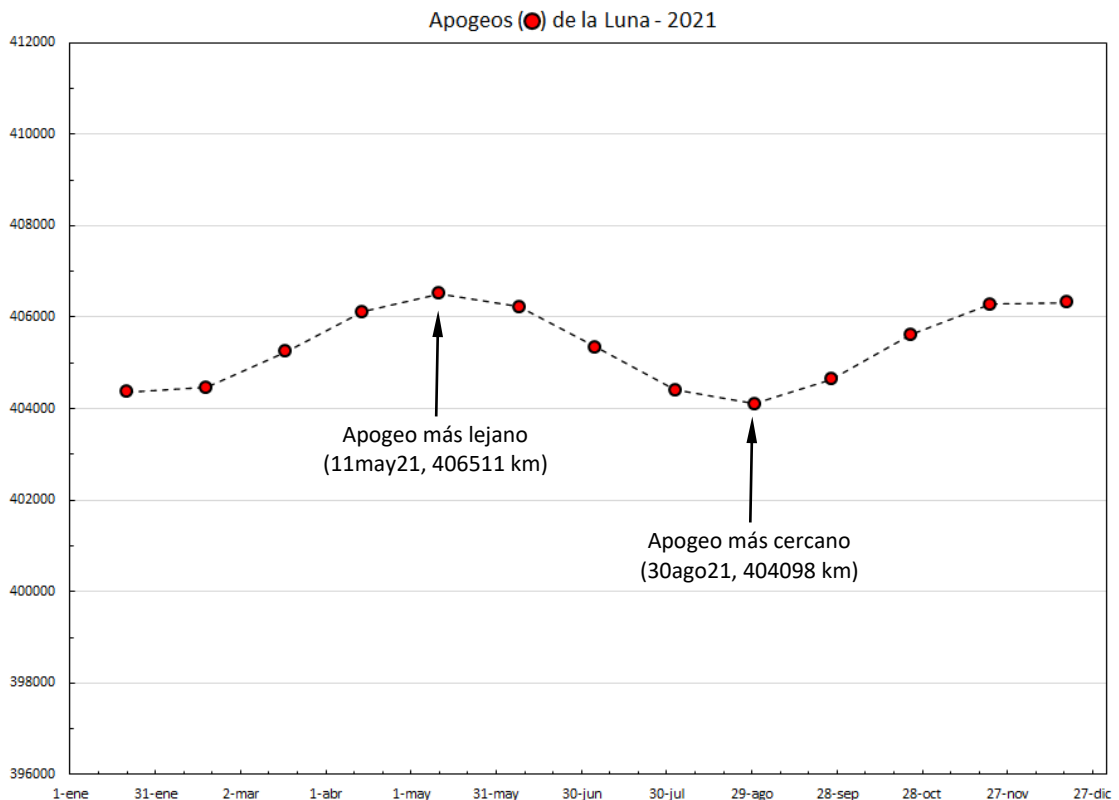
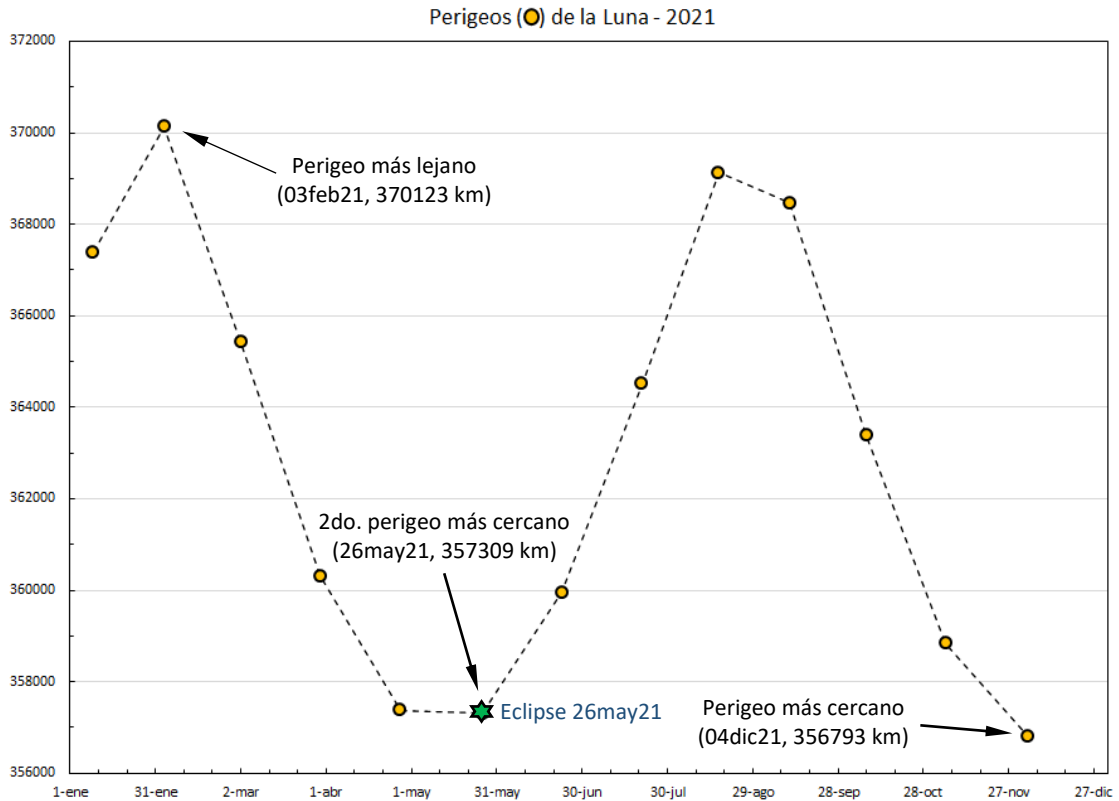
Es de esperar, también, que el hemisferio norte de la Luna se presente más brillante que el hemisferio sur, pues, en el máximo, el borde norte se encontrará a sólo 19 **segundos** de arco **del borde de la sombra**, mientras que el borde sur estará muy inmerso en la sombra, a 12.6 **minutos** de arco **de su centro** y a 33.8 **minutos** de arco del borde de la sombra, como puede verse en el siguiente gráfico:



Eclipse total de Luna – 26 de mayo de 2021

Perigeos y apogeos extremos para el año 2021

Los siguientes gráficos muestran los perigeos y apogeos para el año 2021, con los valores extremos destacados (las líneas de trazo no tienen más significación que la de hacer más claro el dibujo).



Página en blanco

Eclipse total de Luna – 26 de mayo de 2021

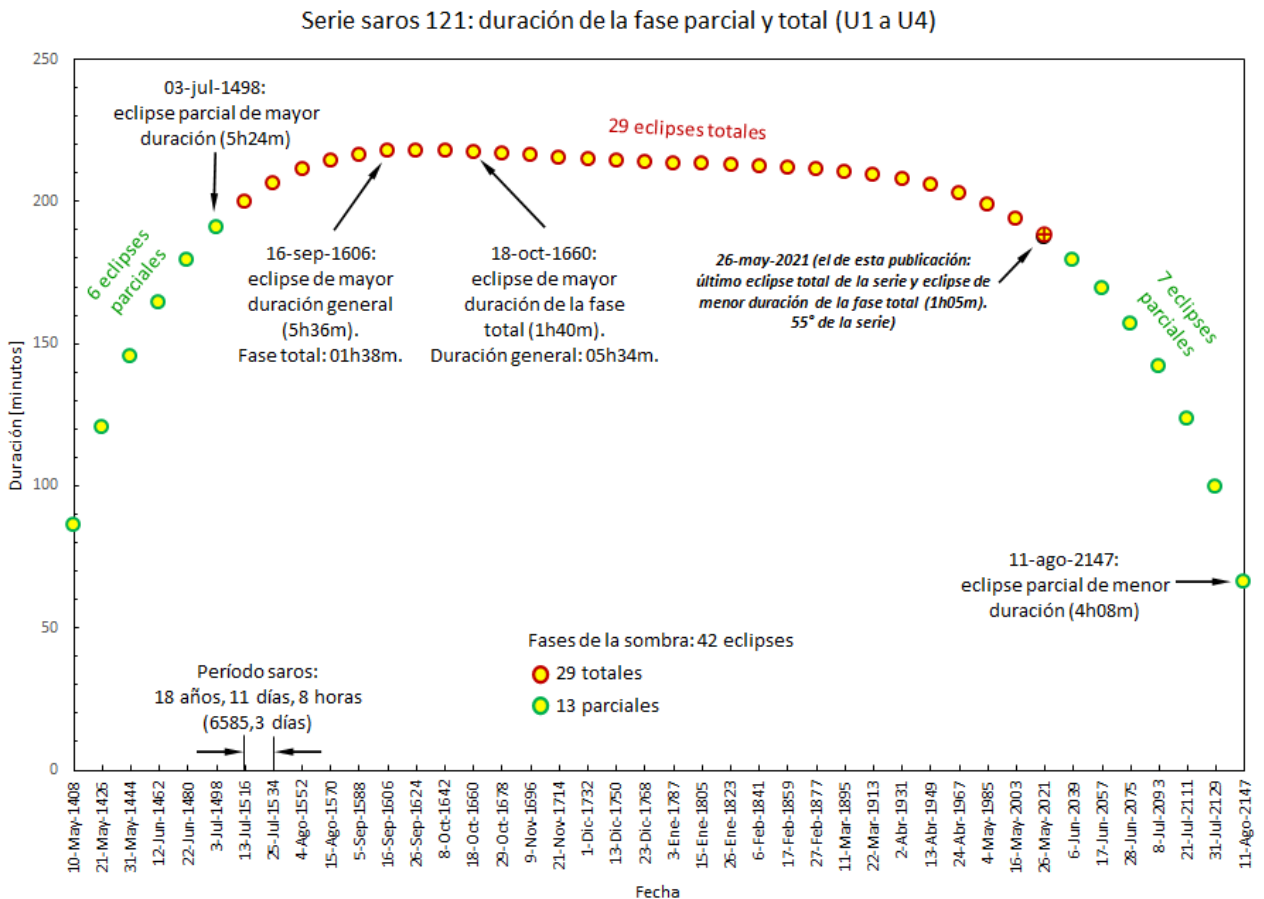
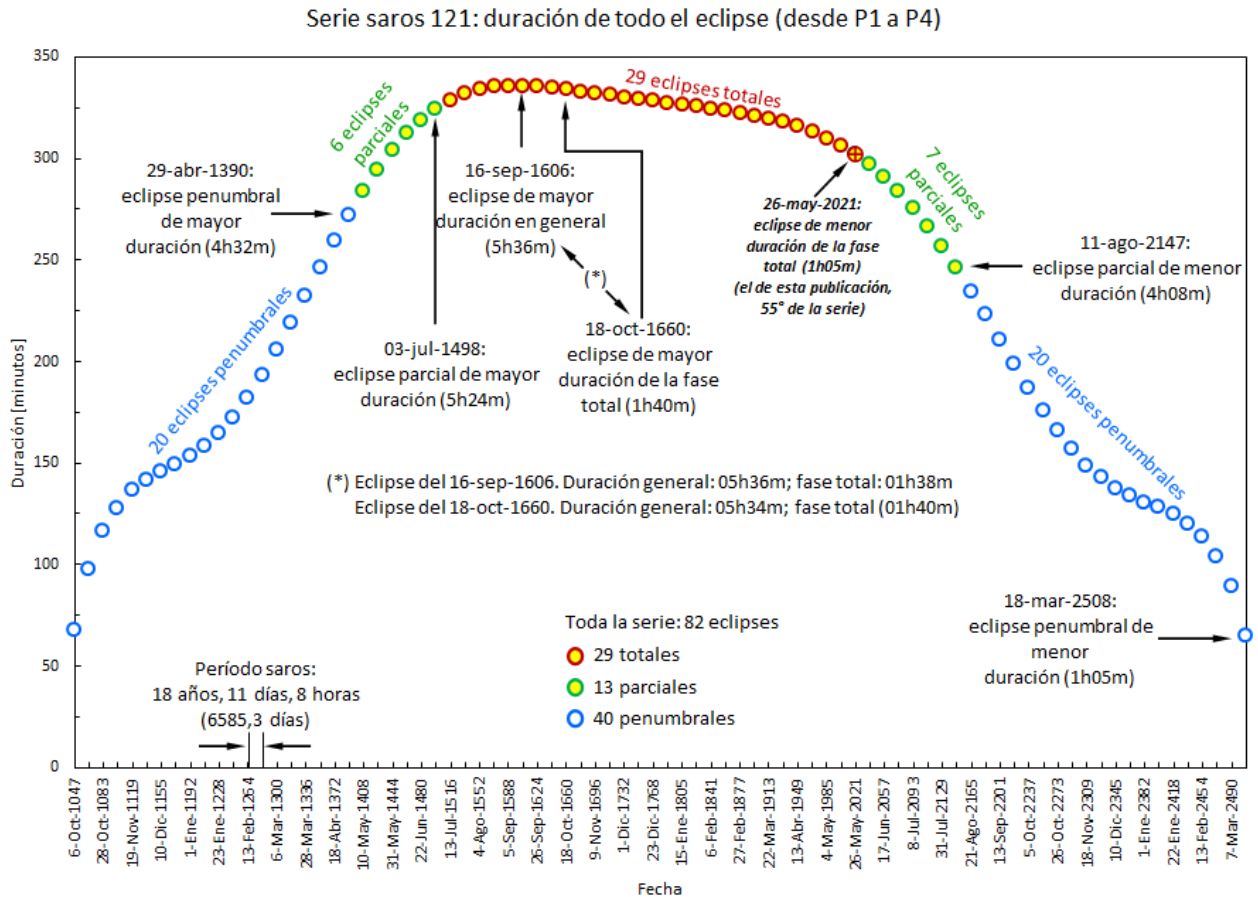
La serie saros 121 en gráficos

(Duración de las fases, magnitud, lunación, gamma, deltaT)

Adaptado de <http://eclipsewise.com/lunar/LEsaros/LEsaros121.html>

27

Eclipse total de Luna – 26 de mayo de 2021

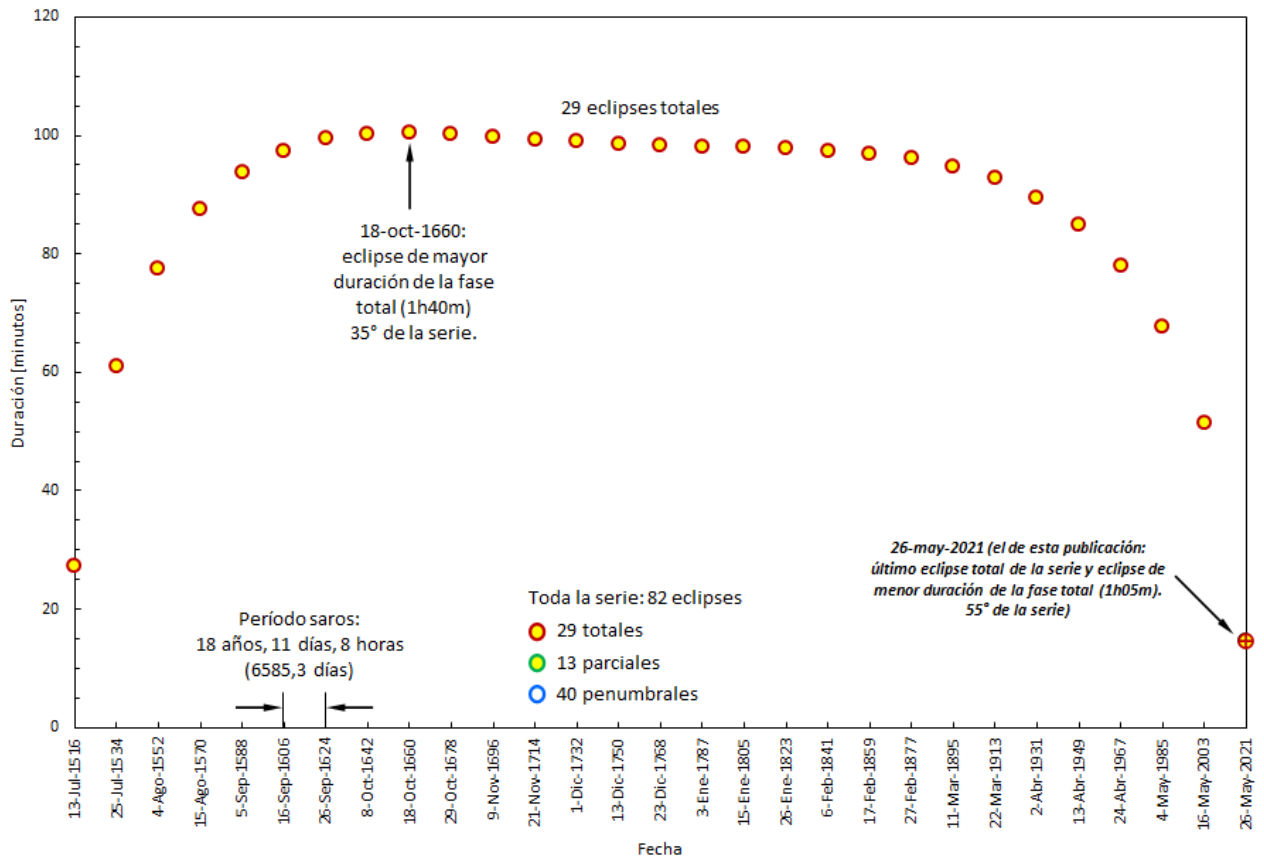


Eclipse total de Luna 26 de mayo de 2021

C.C.Mallamaci – Profesor e investigador retirado de la Universidad Nacional de San Juan

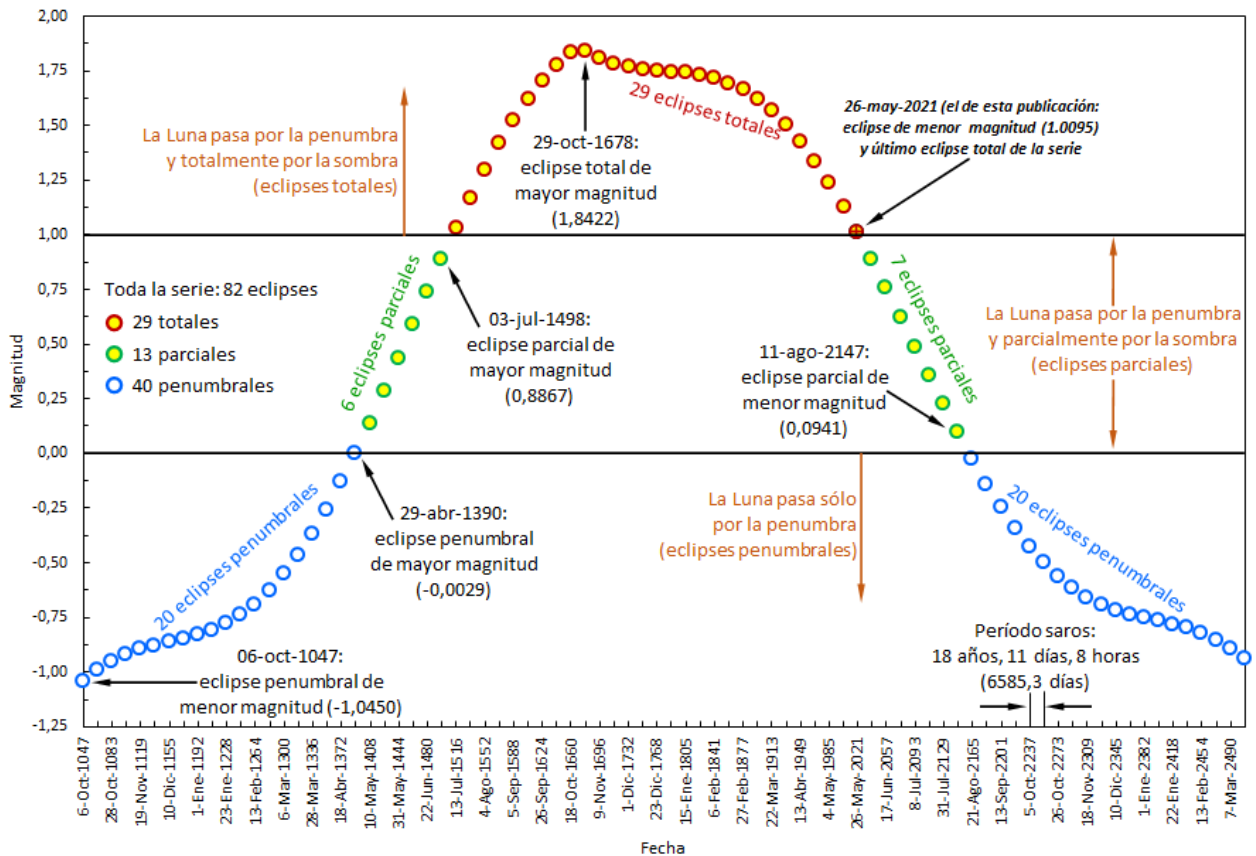
Eclipse total de Luna – 26 de mayo de 2021

Serie saros 121: duración de la fase total (U2 a U3)



29

Serie saros 121: magnitud umbral

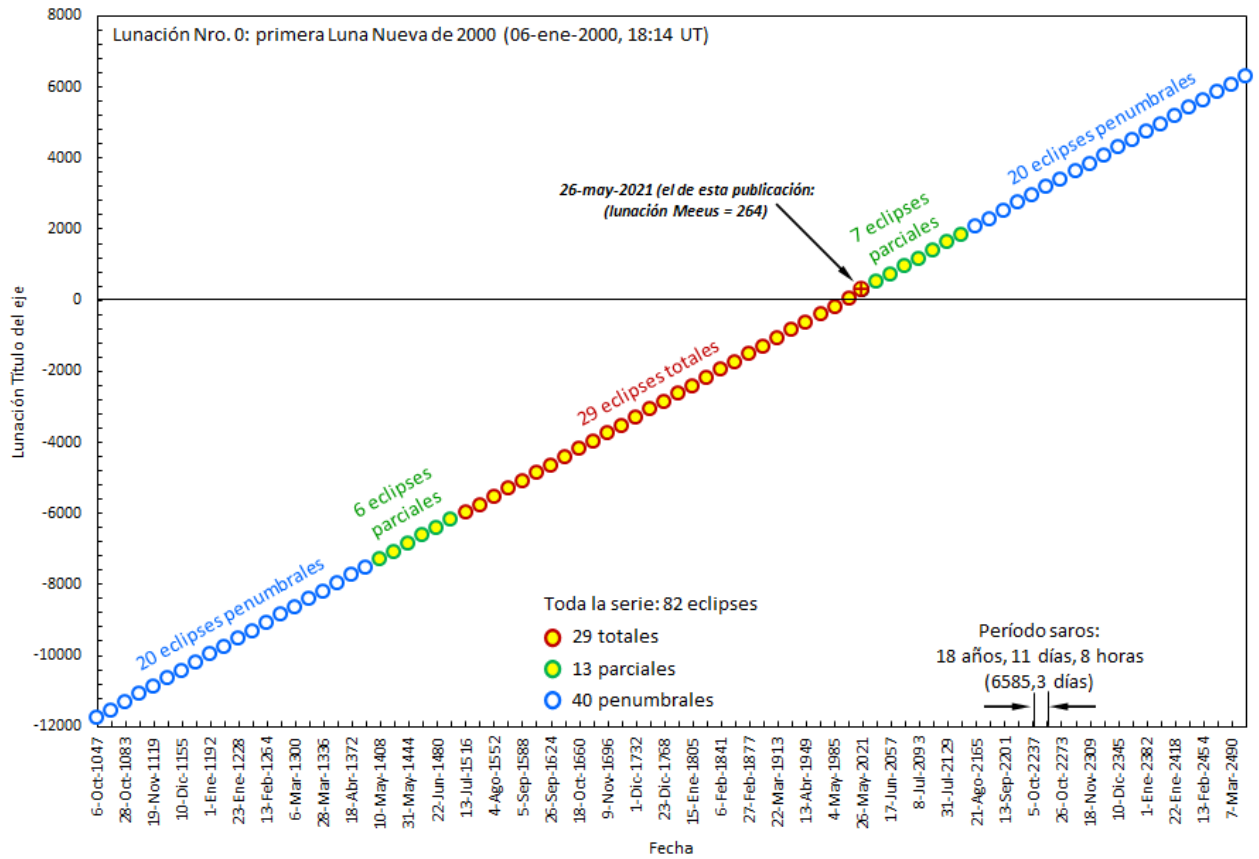


Eclipse total de Luna 26 de mayo de 2021

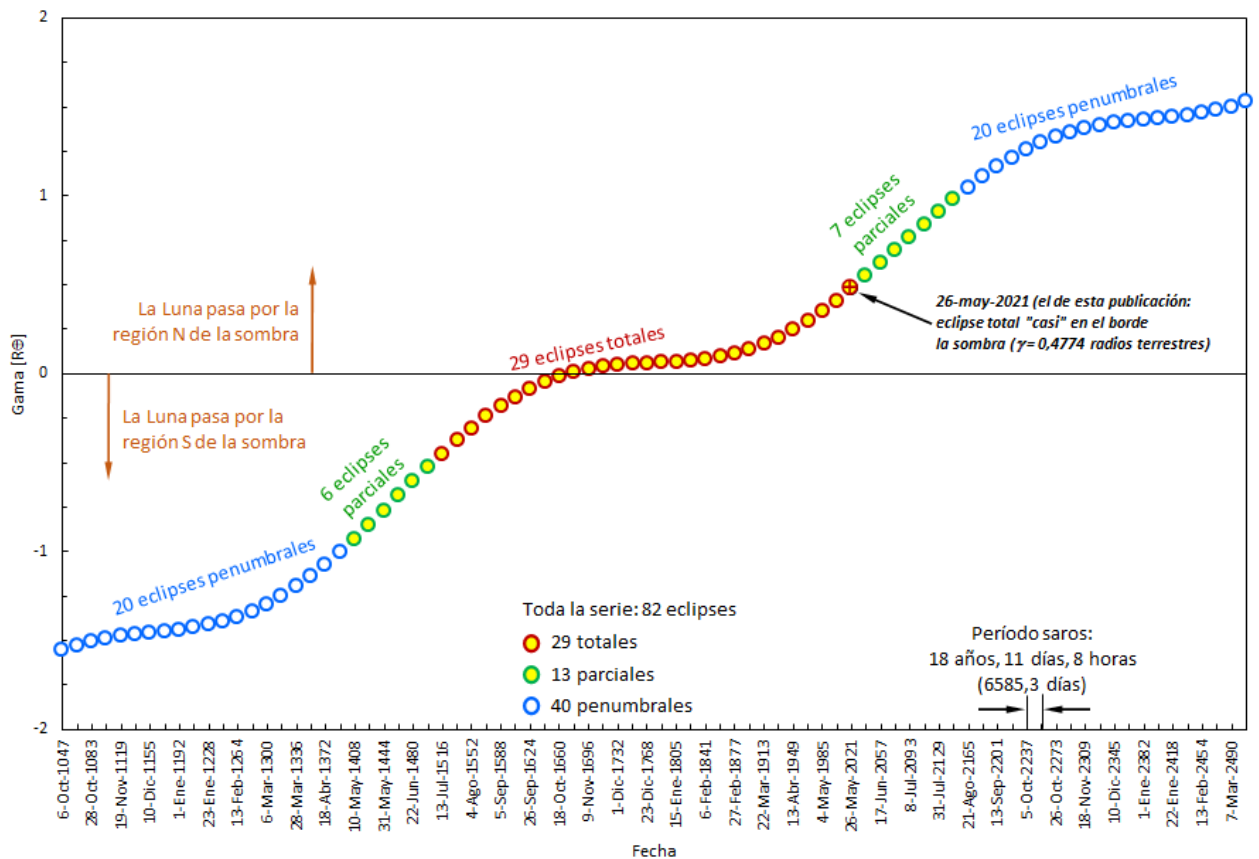
C.C.Mallamaci – Profesor e investigador retirado de la Universidad Nacional de San Juan

Eclipse total de Luna – 26 de mayo de 2021

Serie saros 121: lunación (criterio de Jean Meeus)



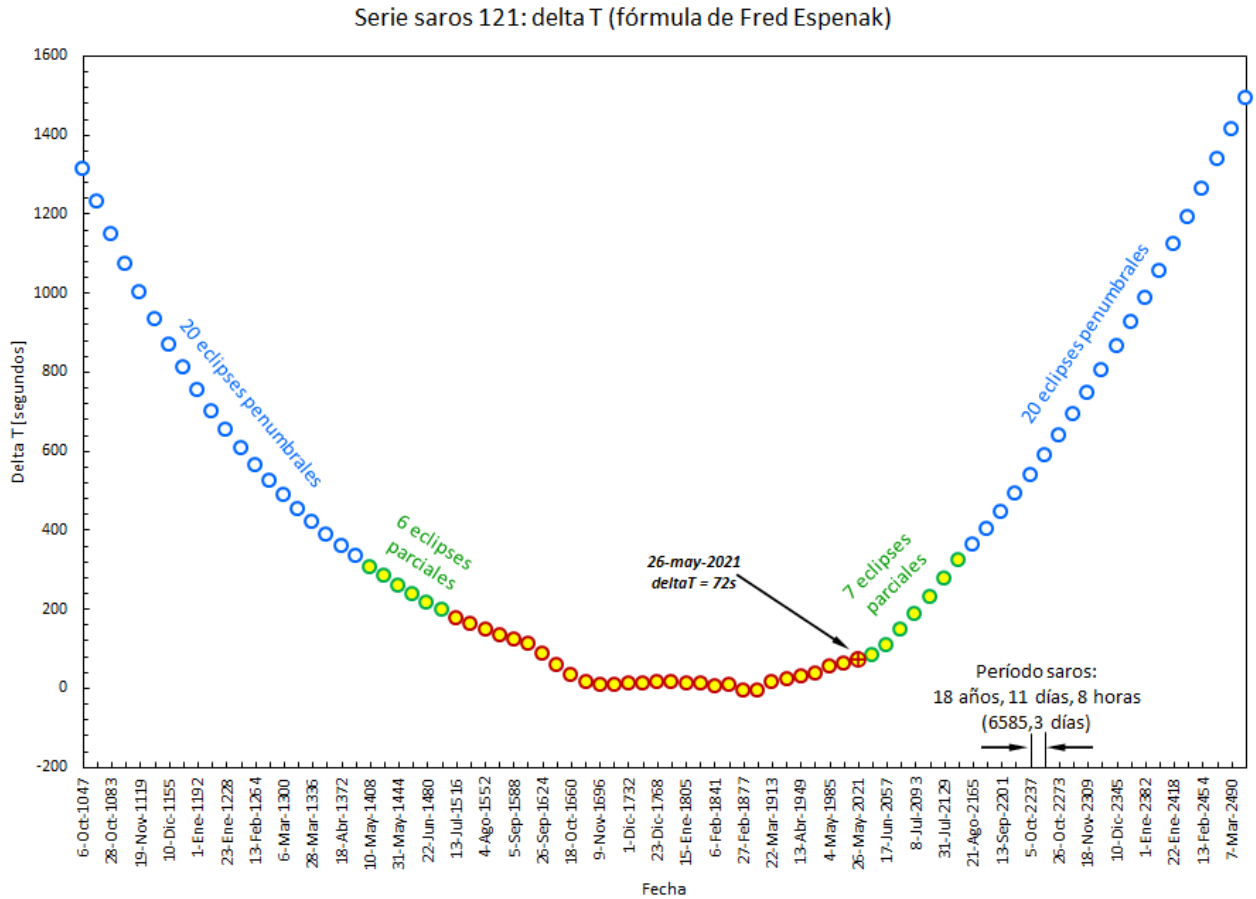
Serie saros 121: gamma



Eclipse total de Luna 26 de mayo de 2021

C.C.Mallamaci – Profesor e investigador retirado de la Universidad Nacional de San Juan

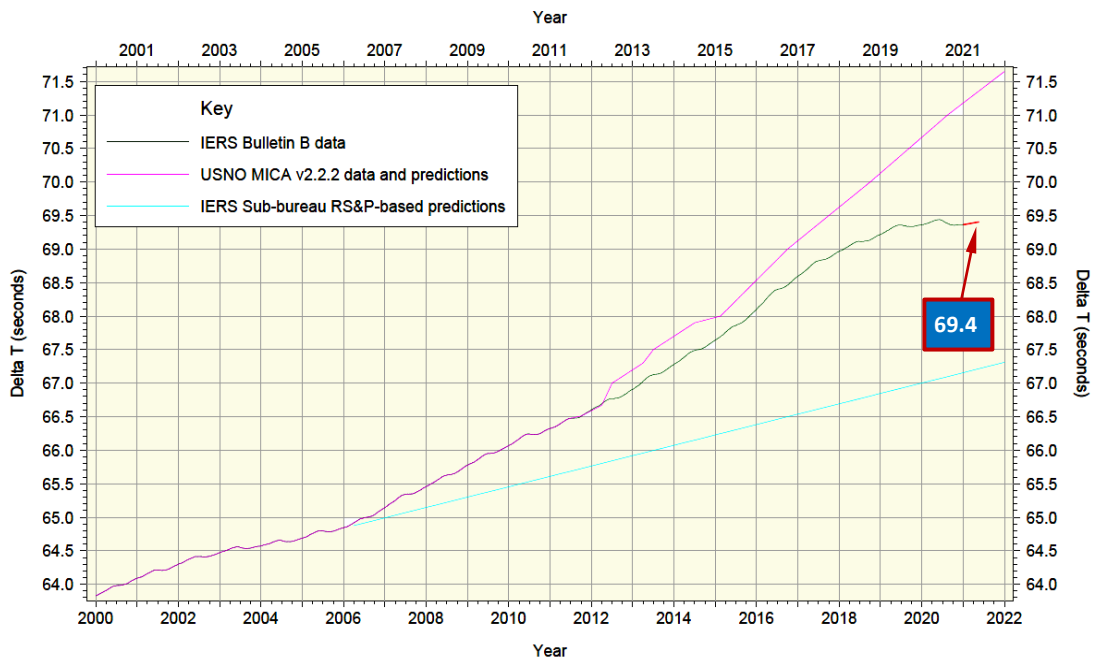
Eclipse total de Luna – 26 de mayo de 2021



La fórmula de Fred Espenak, representada en el gráfico superior predice un ΔT de 72s para el 26 de mayo de 2021; sin embargo, en este documento se ha usado un valor de 69.4s, de acuerdo con la extrapolación hecha a los valores dados por el IERS (International Earth Rotation Service) representados en el gráfico inferior¹⁹.

31

Current values and short term predictions of Delta T (2000 to 2022)



¹⁹ <http://asa.usno.navy.mil/Seck/DeltaT.html>

Página en blanco

La Luna y la sombra de la Tierra a tiempos determinados

(Recorrido de la Luna a través de la sombra de la Tierra)

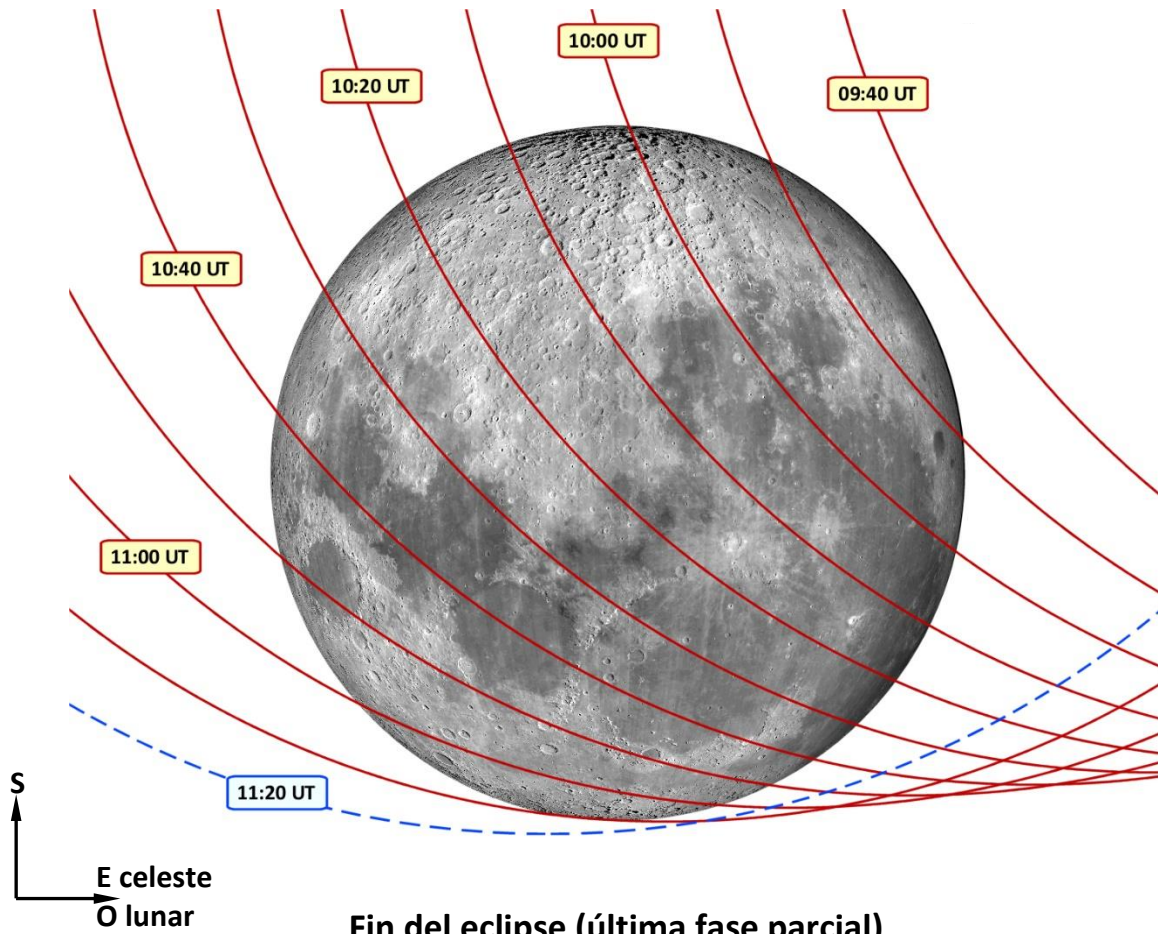
En los gráficos de las páginas siguientes se muestra la posición relativa de la Luna con respecto a la sombra de la Tierra, mientras se desarrolla la primera y la última fase parcial (comienzo y fin del eclipse, respectivamente).

33

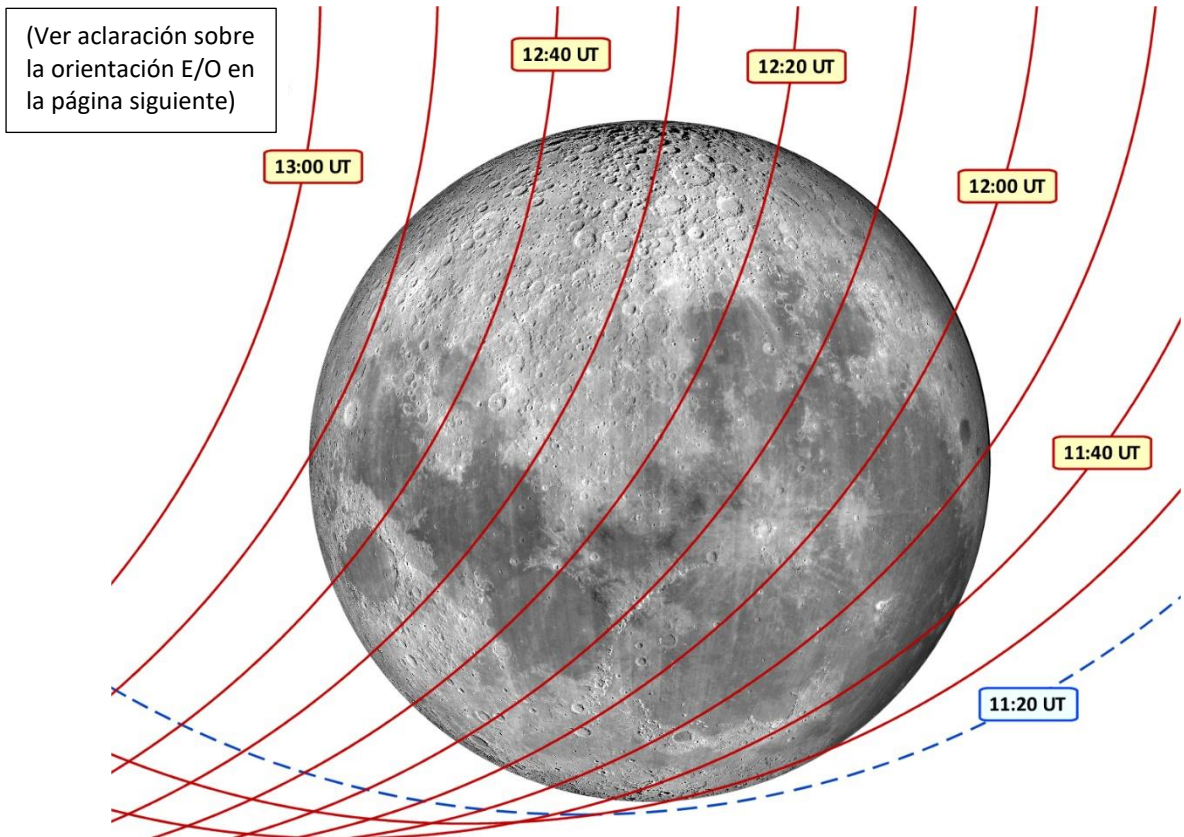
Las curvas representan la traza de la sombra cada 10 minutos. Están rotuladas cada 20 minutos, y el gráfico puede ser usado para **estimar** el paso de la sombra por los accidentes topográficos de la Luna. (Ver pág. 35)

Eclipse total de Luna – 26 de mayo de 2021

Comienzo del eclipse (primera fase parcial)



Fin del eclipse (última fase parcial)



Eclipse total de Luna – 26 de mayo de 2021

¿Cuál es el este y cuál el oeste de la Luna?

Si en lugar de referirnos a la Luna lo hiciéramos a la Tierra, sería ésta una pregunta relativamente²⁰ fácil de responder, pues -por convención histórica-, se ha identificado al este como el horizonte por donde sale el Sol y al oeste al horizonte por donde se pone. Sin embargo, cuando nos referimos a la Luna, la respuesta no es tan obvia. En efecto, basta mirar los numerosos mapas que, desde el siglo XVII, se han dibujado para ver que la mayoría de ellos parecen tener el este y el oeste invertidos con respecto a lo que uno está acostumbrado a ver en los mapas terrestres. Se dice que esta manera de dibujar los mapas de la Luna ha obedecido a la conveniencia de contar con una representación de nuestro satélite natural que reproduzca la imagen que dan *algunos telescopios usados de alguna manera particular*²¹.

Tradicionalmente los mapas de la Luna se han dibujado rotulando "este" y "oeste" a los limbos *más cercanos* a las correspondientes direcciones cardinales en la Tierra. Es decir, cuando se mira la Luna a ojo desnudo, al lado que *apunta* hacia el este se lo llama "este" y al lado que *apunta* hacia el oeste se lo llama "oeste". También ha sido costumbre dibujarlos con el "sur hacia arriba", haciéndolo coincidir con la dirección que apunta al sur de la Tierra, de modo que, cuando a un mapa de estas características, se lo mira con el "norte hacia arriba" el este queda ubicado a la izquierda y el oeste a la derecha, exactamente al revés de los mapas terrestres.

Pero todo lo dicho hasta aquí se refiere *a los mapas*; veamos, ahora, cómo es la situación cuando se mira directamente la Luna, y cómo es cuando se la mira desde el hemisferio sur o desde el hemisferio norte.

35

Hemisferio sur

Si estamos parados mirando hacia el norte y hacia el cielo a mediana altura, el N queda "hacia abajo" (frente a nosotros) y el S "hacia arriba" (a nuestras espaldas); el Sol sale por la derecha y se pone por la izquierda. Esto significa que a la derecha tenemos el E y a la izquierda el O. Dicho en otro modo, "**abajo - arriba - derecha - izquierda**" = "**N - S - E - O**". Éstas serían las direcciones terrestres o celestes, *referidas desde el hemisferio sur*.

Supongamos, ahora, que estamos mirando la Luna "suspendida" en el cielo, en su paso por el meridiano²² (cuando se encuentra en su punto más alto). En este escenario es *relativamente* fácil ver que la parte "más alta" de la Luna es el **S** y la parte "más baja" es el **N**; basta para ello pensar en la Luna en *forma paralela* a la Tierra. Pero, ¿cuál es la dirección **E** y

²⁰ Utilizo el adverbio "relativamente" porque la experiencia me ha mostrado que no todas las personas pueden identificar los puntos cardinales con facilidad.

²¹ He preferido utilizar esta manera general de expresar la conveniencia de este tipo de representación, para evitar la complicación de hablar de las distintas imágenes que se pueden obtener con distintos tipos de telescopios y elementos auxiliares (refractores, reflectores, prisma diagonal, enderezadores de imagen, etc.). (La expresión no es mía; le pertenece a Jim Mosher, autor -junto con Henrik Bondo- del software "Lunar Terminator Visualization Tool, LTVT").

²² Con la Luna en el meridiano, el razonamiento es más sencillo.

Eclipse total de Luna – 26 de mayo de 2021

O "en la Luna"? Esto ya no es tan fácil de ver. Para hacerlo, es necesario recurrir a la definición convencional, y precisar si nos estamos refiriendo a cómo vemos la Luna *desde la Tierra* o a cómo sería *si estuviéramos en ella* (por ejemplo, un astronauta).

El **E** y el **O** se definen por el sentido de rotación de la Tierra. Así, **el E no es un lugar** -al estilo del polo norte o el polo sur que pueden identificarse claramente y hasta poner una marca en su lugar- **sino un sentido de rotación**. Si tomamos el polo **N** del eje de rotación terrestre como polo de referencia (convención universalmente aceptada), y colocamos un reloj analógico normal (de manecillas) en él, con su cara hacia arriba, el giro antihorario de las manecillas define el sentido **E**. De esta manera, al mirar la Luna "suspendida" en el cielo, su polo **S** está "hacia arriba" (recordar que estamos en el hemisferio sur), su polo **N** está "hacia abajo" y el reloj analógico "puesto" allí (en el polo **N**) indica que **el E está hacia la izquierda**²³, porque la Luna gira en sentido antihorario. Esto es, "**abajo - arriba - derecha - izquierda**" = "**N - S - O - E**", situación en la que el **E** y el **O** se ven invertidos con respecto a las direcciones terrestres o celestes.

Hemisferio norte

En este caso, estando parados mirando hacia el sur y hacia el cielo a mediana altura, el contexto es inverso: el **S** queda "hacia abajo" (frente a nosotros) y el **N** "hacia arriba" (a nuestras espaldas); el Sol sale por la izquierda y se pone por la derecha. En otras palabras, "**abajo - arriba - derecha - izquierda**" = "**S - N - O - E**".

Éstas serían las direcciones terrestres o celestes **referidas desde el hemisferio norte**, y en este caso, el **E** y el **O** están ubicados de la manera en que normalmente los vemos con respecto a las direcciones de un mapa terrestre.

Veamos ahora la Luna "suspendida" en el cielo del hemisferio norte. Nuevamente, el **N** y el **S** son *relativamente* fáciles de identificar: la parte "más alta" de la Luna es el **N** y la más baja el **S**. En cuanto al **E** y **O** tenemos que hacer un análisis similar al que hicimos para el hemisferio sur, aunque en este caso es más sencillo de ver porque la Luna está vista de la misma manera en que vemos normalmente el globo terráqueo; esto es, con el norte hacia arriba. En este caso, al mirar la Luna "suspendida" en el cielo, al contrario de lo que sucede en el hemisferio sur, su polo **S** está "hacia abajo", su polo **N** "hacia arriba" y el giro antihorario del reloj analógico "puesto" allí (en el polo **N**) indica que **el E está hacia la izquierda**. En otras palabras, "**abajo - arriba - derecha - izquierda**" = "**S - N - O - E**", orientaciones que, al igual que vimos en el párrafo anterior, coinciden con las direcciones terrestres o celestes que estamos acostumbrados a ver.

Hasta acá la práctica tradicional de los cartógrafos para dibujar los mapas de la Luna, de acuerdo con el contexto existente antes del comienzo de la era espacial, en particular en lo referido a la exploración de la Luna. Es así que, a partir de agosto de 1961, en la XI Asamblea General de la UAI llevada a cabo en Berkeley, USA, la Comisión 16 (Physical study of the planets) recomendó la adopción de dos convenciones para la confección de nuevos mapas de la Luna: una para la observación telescópica (mapas astronómicos) y otra para la

²³ Esta afirmación puede resultar algo confusa. Para ver la situación de manera más clara, ayuda imaginarse parados en el polo norte y "allí" ver cómo giran las manecillas del reloj.

Eclipse total de Luna – 26 de mayo de 2021

exploración directa (mapas astronáuticos). La siguiente es una traducción resumida de las recomendaciones dadas por la Comisión 16:

"Para la confección de nuevos mapas de la Luna, se recomienda seguir las siguientes convenciones:

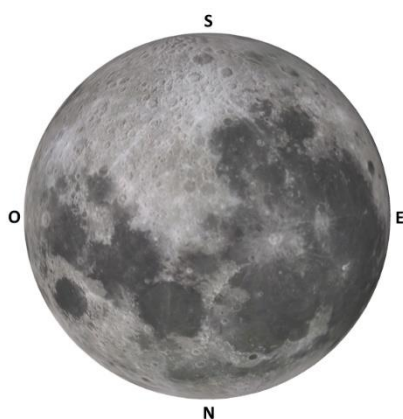
a) Los mapas astronómicos destinados a las observaciones telescópicas estarán orientados de acuerdo con la práctica astronómica, con el sur arriba. Para evitar confusión, los términos este y oeste serán suprimidos.

b) Los mapas astronáuticos, destinados a la exploración directa, se realizarán siguiendo los métodos habituales de la cartografía terrestre, con el norte arriba y el este a la derecha.

c) Las alturas y las distancias serán dadas en el sistema métrico.¹²⁴

De esta manera, y teniendo en cuenta estas recomendaciones, en la actualidad existen **tres** tipos de mapas lunares, uno que sigue la práctica tradicional y dos que se adecuan a las recomendaciones de la IAU:

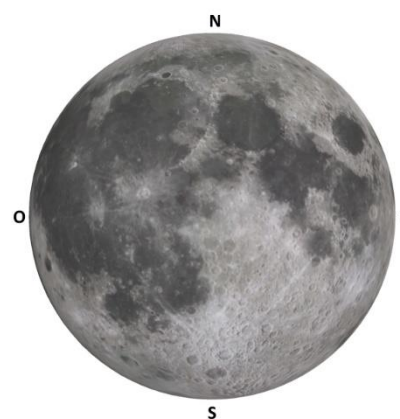
- **Mapas astronómicos tradicionales** (mapa 1):
Sur arriba (cráter Tycho)
Norte abajo (cráter Platón)
Este a la derecha (formación Grimaldi y Oceanus Procellarum)
Oeste a la izquierda (Mare Crisium y Mare Fecunditatis)
- **Mapas astronómicos IAU** (mapa 2):
Sur arriba (cráter Tycho)
(sin mención de las direcciones este y oeste)
- **Mapas astronáuticos IAU** (mapa 3):
Norte arriba (cráter Platón)
Sur abajo (cráter Tycho)
Este a la derecha (Mare Crisium y Mare Fecunditatis)
Oeste a la izquierda (formación Grimaldi y Oceanus Procellarum)



Mapa 1: astronómico tradicional



Mapa 2: astronómico IAU



Mapa 3: astronáutico IAU

²⁴ XIe Assemblée Générale, Berkeley, USA, 1961 (Commission 16, page 234)

Eclipse total de Luna – 26 de mayo de 2021

Sobre el uso científico de los eclipses de Luna

Los eclipses de Luna han sido siempre tomados como acontecimientos astronómicos de menor importancia que los de Sol, pues estos últimos han demostrado ser una fuente valiosa para el conocimiento de nuestra estrella. Sin embargo, aunque con mucho menor interés, los eclipses de Luna también pueden ser aprovechados con fines científicos, por ejemplo, para investigar el *agrandamiento* de la sombra de la Tierra por medio del análisis de su paso por los distintos accidentes topográficos de la Luna²⁵, en particular por los cráteres más claros y destacados.

Ya desde principios del siglo XVIII, se viene observando que es necesario aumentar el radio de la sombra en aproximadamente 1 o 2%²⁶, a fin de que los tiempos observados de las distintas instancias del eclipse sean consistentes con los tiempos teóricos. Parece claro (o, al menos, se cree) que esta corrección obedece al comportamiento dinámico de la atmósfera terrestre, y, aunque no se conoce acabadamente *"el cómo"*, la determinación del instante de paso de la sombra por la topografía lunar se presenta como un método útil para su estudio. Las ilustraciones de la página 31 pueden ser usadas como guía para esta actividad, teniendo en cuenta que la mejor manera de realizar estas mediciones es utilizando un telescopio con poco aumento, de modo que la sombra se presente lo menos difusa posible y la medición resulte confiable con una precisión de 0.1 minuto. Una descripción más completa de este tema puede consultarse en el 5MLEC²⁷ de Fred Espenak y Jean Meeus.

Por otra parte, en las últimas décadas, los eclipses de Luna han comenzado a ser utilizados, también, en el campo de la geofísica. Por ejemplo, la investigación de aerosoles volcánicos en la atmósfera²⁸ llevados a cabo por el Dr. Richard Keen²⁹ mediante la observación de la magnitud aparente de la Luna durante los eclipses totales. El método y sus fundamentos están explicados en "Volcanic Aerosols and Lunar Eclipses"³⁰, uno de cuyos párrafos transcribo seguidamente, en una traducción libre de mi parte:

"Los astrónomos aficionados pueden medir el brillo de la Luna eclipsada comparándola con estrellas o planetas de conocida magnitud. La Luna, aun durante un eclipse total, generalmente aparece mucho más grande y brillante que las estrellas, y su tamaño y brillo necesitan ser reducidos antes de hacer la comparación directa. Una manera fácil de hacer esto es ver la Luna, con un ojo, a través de unos binoculares invertidos, y comparar la imagen reducida de la Luna con las estrellas vistas directamente con el otro ojo. La magnitud de la Luna reducida puede ajustarse por un factor que depende del aumento de los binoculares, dando la magnitud real de la Luna. Por ejemplo, unos binoculares 10x50 invertidos reducirán el diámetro aparente de la Luna en un factor de 10, o su brillo en un factor de 100, o en 5 magnitudes. Si la Luna reducida aparece como una estrella de magnitud 3, la Luna real es 5 magnitudes más brillante, o -2. Las correcciones para binoculares de 8x, 7x, y 6x son 4.5, 4.2 y 3.9 magnitudes, respectivamente."

²⁵ En realidad, el proceso es al revés: es la Luna la que se mueve a través de la sombra de la Tierra, y sus accidentes topográficos son los que *entran y salen* de ella.

²⁶ Esta corrección fue ya sugerida en 1702 por Phillippo de la Hire en su obra "Tabulae astronomicae", en la que escribió que, a fin de predecir con precisión la duración de un eclipse de Luna, era necesario aumentar el radio de la sombra en aproximadamente un minuto de arco.

²⁷ "Five Millennium Catalog of Lunar Eclipses. -1999 to +3000 (2000BCE to 3000 BC". NASA/TP-2009-214173.

²⁸ <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/LEmono/TLE2003May15/image/TLE2003keen.html>

²⁹ Universidad de Colorado, Boulder (EEUU). Programa para las ciencias atmosféricas y oceánicas (PAOS). El Dr. Keen falleció el 25 de enero de 2020.

³⁰ "Volcanic Aerosols and Lunar Eclipses", Science, vol. 222, p. 1011-1013, Dec. 2, 1983 (Sky & Telescope publicó un resumen en junio de 1984, pág 512).

Eclipse total de Luna – 26 de mayo de 2021

Tabla de puesta de la Luna y diferencia de tiempo con el máximo del eclipse

La siguiente tabla da la hora de puesta y el acimut de puesta de la Luna para las capitales de las provincias argentinas. La última columna de la derecha muestra cuánto tiempo antes o después del máximo se pone la Luna: un valor negativo indica que se produce antes del máximo, y un valor positivo que se produce después.

Ejemplos (recordar que la fase total dura 15 minutos y que el máximo ocurre a las 11:19 UT):

Corrientes: la Luna se pone a las 10:35 UT, esto es, 44 minutos antes del máximo. Sólo se ve parte de la primera fase parcial.

San Luis: la Luna se pone a las 11:20 UT, esto es, apenas 1 minutos después del máximo. Se ve toda la primera fase parcial y la mitad de la fase total.

Neuquén: la Luna se pone a las 11:41 UT, es decir, 22 minutos después del máximo. Se ve toda la primera fase parcial, toda la fase total y parte de la última fase parcial.

Ushuaia: La Luna se pone a las 12:44 UT, esto es, 1h25m después del máximo. Se ve prácticamente todo el eclipse, excepto los últimos ocho minutos del final.

Hora del máximo: 11:19 UT				
Provincia	Capital	Puesta Luna	Acimut puesta	Tiempo que la Luna se pone antes (-) o después (+) del máximo
Buenos Aires	La Plata	10h48m	245°	-0h31m
CABA	CABA	10 49	245	-0 30
Catamarca	San Fernando	11 7	246	-0 12
Chaco	Resistencia	10 36	247	-0 43
Chubut	Rawson	11 42	241	+0 23
Córdoba	Córdoba	11 6	246	-0 13
Corrientes	Corrientes	10 35	247	-0 44
Entre Ríos	Paraná	10 52	246	-0 27
Formosa	Formosa	10 30	247	-0 49
Jujuy	San Salvador	10 58	247	-0 21
La Pampa	Santa Rosa	11 19	244	+0 00
La Rioja	La Rioja	11 13	246	-0 06
Mendoza	Mendoza	11 29	245	+0 10
Misiones	Posadas	10 23	247	-0 56
Neuquén	Neuquén	11 41	243	+0 22
Río Negro	Viedma	11 25	242	+0 06
Salta	Salta	10 58	247	-0 21
San Juan	San Juan	11 25	246	+0 06
San Luis	San Luis	11 20	245	+0 01
Santa Cruz	Río Gallegos	12 32	235	+1 13
Santa Fe	Santa Fe	10 52	246	-0 27
Santiago Estero	Santiago	10 59	247	-0 20
Tierra del Fuego	Ushuaia	12 44	232	+1 25
Tucumán	San Miguel	11 1	247	-0 18

Una Observación final para tener en cuenta:

Dado que el eclipse en la Argentina termina al ocaso de la Luna, su visibilidad puede verse muy disminuida; por un lado, porque está eclipsada y por otro, por la atenuación atmosférica que se produce cerca del horizonte.

Eclipse total de Luna – 26 de mayo de 2021

*Dudas, consultas, omisiones o errores detectados, favor de contactar
por correo electrónico a la dirección ccmalla@gmail.com*

Página en blanco

Página en blanco