

ECLIPSE ANULAR DE SOL

Sábado 14 de octubre de 2023

(Información y gráficos generales)

Claudio Carlos Mallamaci

Profesor e investigador retirado de la
Universidad Nacional de San Juan

Circunstancias locales para la República Argentina



Representación de un eclipse anular de Sol
en el libro "*Beauty of the Heavens*" de Charles F. Blunt, 4ta. Edición,
impreso en Londres por David Bogue, 86, Fleet Street (MDCCCXLIX)

San Juan - República Argentina – septiembre 2023

-Página en blanco-

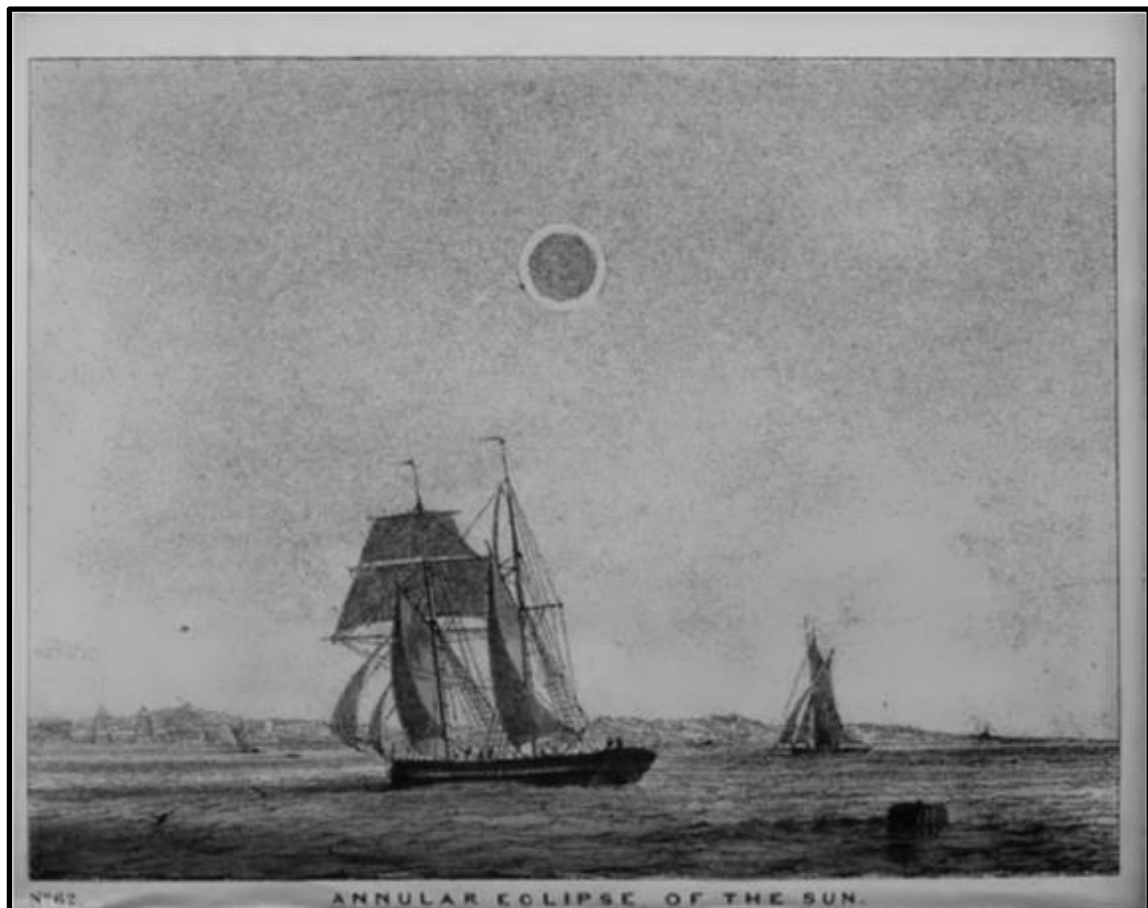
ECLIPSE ANULAR DE SOL

Sábado 14 de octubre de 2023

(Gráficos generales)

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

Circunstancias locales para la República Argentina



Representación de un eclipse anular de Sol
en el libro "*Beauty of the Heavens*" de Charles F. Blunt, 4ta. Edición,
impreso en Londres por David Bogue, 86, Fleet Street (MDCCCXLIX)

San Juan - República Argentina – septiembre 2023

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 debe restar 3 horas.

Ejemplo: El máximo del eclipse para la ciudad de San Juan, se producirá a las 19h35m33s UT, que corresponde a las 16h35m33s HOA.

Las longitudes están expresadas positivas al este del meridiano de Greenwich, de acuerdo con la convención adoptada por la Unión Astronómica Internacional (Trans. I.A.U. 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 por un procedimiento *semi-manual mixto*, en el que se usaron imágenes de *softwares* especializados, tales como QGIS v3.32 Lima, Google Earth, Versamap 2.07 (versión para DOS) y Paint Shop 7 (versión OEM de Jasc Software), sobre los que *se transfirieron de manera manual* los distintos elementos gráficos específicos del eclipse (curvas isócronas, curvas de isomagnitud, siluetas del Sol y de la Luna, etc.). El trazado de líneas curvas se hizo utilizando curvas Bezier de manera *manual*. Por tal motivo, los gráficos deben ser considerados sólo como orientativos, 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, quien me introdujo en el uso del software QGIS (<http://www.qgis.org/>).

Los cálculos de las *isocurvas* (comienzo, fin, magnitud del eclipse) y de las circunstancias locales fueron calculados en QuickBasic 4.5 (DOS) utilizando los elementos besselianos publicados por Jean Meeus en Elements of Solar Eclipses/1951-2200 (1989, Willmann-Bell, Inc.). En algunas instancias se hizo uso intensivo de las publicaciones de Fred Espenak (<https://eclipse.gsfc.nasa.gov/eclipse.html>), como también así 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 (MICA) desarrollado por el USNO (United States Naval Observatory).

Las direcciones cardinales "norte, sur, este y oeste" han sido simbolizadas de distintas maneras de acuerdo al contexto en que se usan, tratando de evitar confusiones. Ej.: La dirección "noroeste" puede estar simbolizada como NO, NW o con la palabra completa.

Las fuentes de las imágenes están detalladas al final del documento.

¹ Plural formado de acuerdo a la regla h del Diccionario panhispánico de dudas (DPD), página de la Real Academia Española, consultado el 31 de marzo de 2022. <https://www.rae.es/dpd/plural>

ECLIPSE PARCIAL DE SOL - 14 DE OCTUBRE DE 2023

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

INFORMACIÓN GENERAL

El sábado 14 de octubre de 2023 tendrá lugar un eclipse anular de Sol que será visible desde prácticamente todo el continente americano, gran parte de los océanos Pacífico y Atlántico y una pequeñísima región de África (figuras 1 y 2), de acuerdo con la siguiente distribución general de las regiones de visibilidad:

La fase anular se verá a lo largo de un corredor de entre 185 y 245 km de ancho, que atraviesa el suroeste de los Estados Unidos, Centroamérica, Colombia y Brasil.

Como eclipse parcial solamente (fuera del corredor de anularidad) será visible en Norteamérica, Centroamérica, Sudamérica y una muy pequeña región de la costa de África occidental.

Será el segundo eclipse solar del año (el tercero en general) y, dos semanas después, el 28 de octubre, será seguido por uno parcial de Luna de magnitud muy pequeña (apenas 12 %), pero prácticamente invisible desde la República Argentina. En nuestro país sólo se experimentará el final de la fase penumbral (que es invisible a simple vista), y sólo desde algunas provincias del noreste (al oriente de una línea que une, *aproximadamente*, la ciudad de Mar del Plata, en Buenos Aires, con la localidad boliviana de Yacuiba, en el límite con la provincia de Salta en la Argentina)

Cuatro eclipses, 2 de Sol y 2 de Luna, tienen lugar durante el año 2023, cuya secuencia cronológica y región general de visibilidad están detalladas en la siguiente tabla (resaltado en amarillo y en letra cursiva, el eclipse de este documento):

Eclipses del año 2023

Jueves 20 de abril	Híbrido de Sol (52° [de 80] del saros N° 129) Nodo ascendente. Visible en el sureste de Asia, Australia Océanos Pacífico e Índico, la Antártida.
Viernes 5 de mayo	Penumbral de Luna (24° [de 72] del saros N° 141) Nodo descendente. <i>Visible</i> en Europa, Asia, Australia, África, Océanos Pacífico, Atlántico e Índico, la Antártida.
<i>Sábado 14 de octubre</i>	Anular de Sol (44° [de 71] del saros N° 134). <i>Nodo descendente. Visible en la margen oeste de África Occidental, las Américas, Océanos Pacífico y Atlántico, el Ártico.</i>
Sábado 28 de octubre	Parcial de Luna (11° [de 72] del saros N° 146) Nodo ascendente. Visible Europa, Asia, Australia, parte de América del Norte y América del Sur, Océanos Pacífico, Atlántico e Índico, el Ártico y 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].

El eclipse solar del 14 de octubre, al que se refiere este documento es el 44° de la serie saros N° 134², que comprende 71 eclipses en total³ (ver detalles más adelante). Con una duración total de 5h51m, tendrá lugar en la constelación de Virgo, en el nodo descendente de la órbita lunar, casi 5 días después de que la Luna pase por el perigeo⁴. En los ciclos pares (como el de esta serie), los eclipses se producen en el nodo descendente de la órbita lunar, se inician con un eclipse parcial en la región polar sur de la Tierra y progresan en dirección norte, donde terminan, también en un eclipse parcial. Dado que este eclipse se encuentra en la segunda mitad del ciclo saros N° 44 (ciclo par), su desarrollo se produce, principalmente, en el hemisferio norte, lo cual puede fácilmente apreciarse en las figuras 1 y 2.

El máximo del eclipse (magnitud: 0.952) ocurrirá a las 17:59 UT, sobre las aguas del Mar Caribe, frente a la costa de Nicaragua, en un punto de coordenadas $\varphi = 11^{\circ}22'N$, $\lambda = 83^{\circ}06'W$, a unos 85 km de la desembocadura del Río Maíz y a unos 80 km al NEpE⁵ del límite entre Nicaragua y Costa Rica. En el momento del máximo del fenómeno, el eje del cono de sombra pasará a 0.3753 radios terrestres (aprox. 2394 km)⁶ al norte del centro de la Tierra, y el Sol y la Luna se encontrarán a 1492249 km (0.997506925 ua)⁷ y 397019 km de la Tierra, respectivamente.

ALGUNOS DETALLES DEL ECLIPSE

El eclipse se desarrollará casi íntegramente sobre el continente americano, y partes de los Océanos Pacífico y Atlántico (figs. 1 y 2). La fase anular será visible sólo desde un corredor de entre 185 y 245 km de ancho y unos 14000 km de largo, de los cuales alrededor del 65 %, se desplegará en el hemisferio norte y el 35 % en el hemisferio sur (figs. 1 y 2).

Durante casi 3h40m, la *antisombra* de la Luna se moverá sobre la Tierra formando un camino que se extenderá desde el norte del Océano Pacífico, a unos 1750 km al oeste de la ciudad de Vancouver (Canadá)⁸, hasta el Océano Atlántico, a unos 600 km al este de la localidad de Natal (Brasil)⁹. En su desarrollo continental, cruzará los Estados Unidos de América por territorios de los estados de Oregón, Nevada, Utah, Arizona, Colorado, Nuevo México y Texas. Pasará sobre la península de Yucatán, cubriendo regiones de México, Belice y un pequeñísimo triángulo en el extremo NE de Guatemala. Cruzará por Honduras y Nicaragua, y, después de *arrastrarse* por la costa caribeña de Costa Rica, cruzará Panamá, Colombia y, finalmente, Brasil. En el desarrollo de este camino, cruzará, también, por el Golfo de México, el Golfo de Honduras, el Mar Caribe y el Golfo de Panamá.

La fase parcial podrá verse en todo el continente americano, desde Alaska (excepto el oeste) hasta Chile y la Argentina (excepto la Patagonia), y en una muy pequeña región del África Occidental (Sierra Leona [apenas una fracción de la costa], Guinea, Guinea-Bisáu, Gambia, Senegal, Sahara Occidental y Mauritania). También será visible en gran parte de los Océanos Pacífico y Atlántico.

Las figuras 1 y 2 muestran, de manera general, las situaciones de visibilidad expuestas más arriba.

² Una explicación detallada del ciclo saros puede consultarse en <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEsaros/SEsaros.html> y <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEsaros/SEperiodicity.html#section104>

³ 17 parciales, 30 anulares, 8 totales y 16 híbridos

⁴ 10-10-2023, 03:42 UT (405425 km)

⁵ NEpE: rumbo "noreste por el este" (rosa de los vientos)

⁶ Tomando el radio terrestre ecuatorial igual a 6378.1 km.

⁷ 1 ua = 149 597 870.7 km (*Resolution B2 on the re-definition of the astronomical unit of length*. 31 de agosto de 2012, Asamblea General de la Unión Astronómica Internacional, Pekín)

⁸ Localidad del suroeste de la provincia de Columbia Británica.

⁹ Capital del estado de Río Grande del Norte

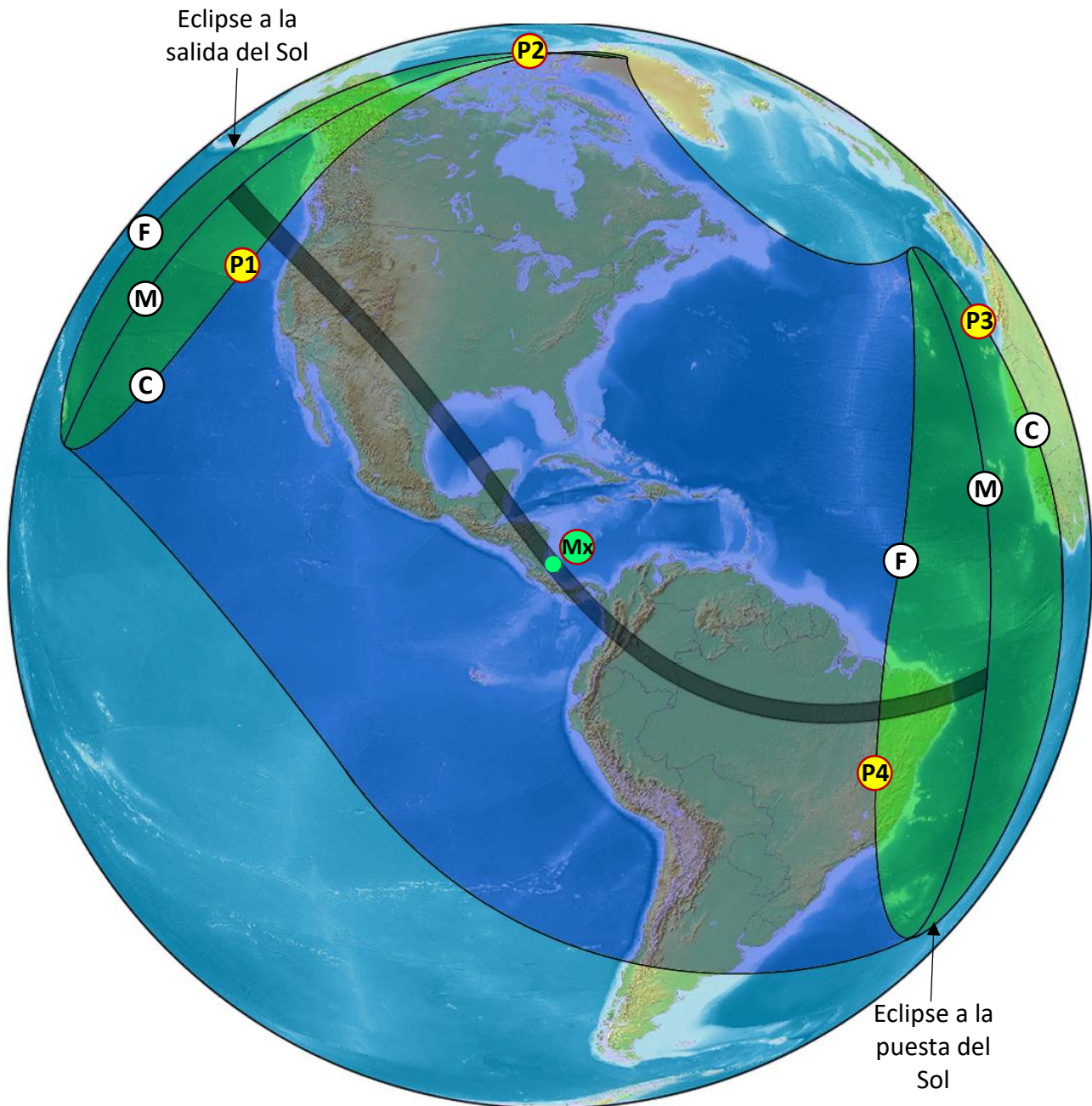


Figura 1: Visibilidad general del eclipse (proyección ortográfica).

La franja de color oscuro marca el corredor de la fase anular. El punto verde en el centro señala el lugar donde se produce el máximo (Mx) del eclipse (mag.: 0.952 a las 17:59 UT).

Las zonas sombreadas de color azul y verde muestran las regiones que experimentarán únicamente la fase parcial. La diferencia entre las regiones verde y azul, es que desde las verde sólo se verá una parte del fenómeno, o bien a la salida del Sol (a la izquierda del globo) o bien a la puesta (a la derecha del globo). En estos casos, el Sol sale o se pone ya eclipsado. Las Letra C, M y F señalan las curvas de los lugares donde comienza, se produce el máximo y finaliza el eclipse, respectivamente.

Los puntos P1, P2, P3 y P4 marcan los lugares del primero al cuarto contacto de la penumbra con la Tierra.

La Tierra está vista desde el cenit del lugar donde sucederá el máximo, con coordenadas $\varphi = 11.4^{\circ}\text{N}$ y $\lambda = 83.1^{\circ}\text{W}$ (frente a las costas de Nicaragua).

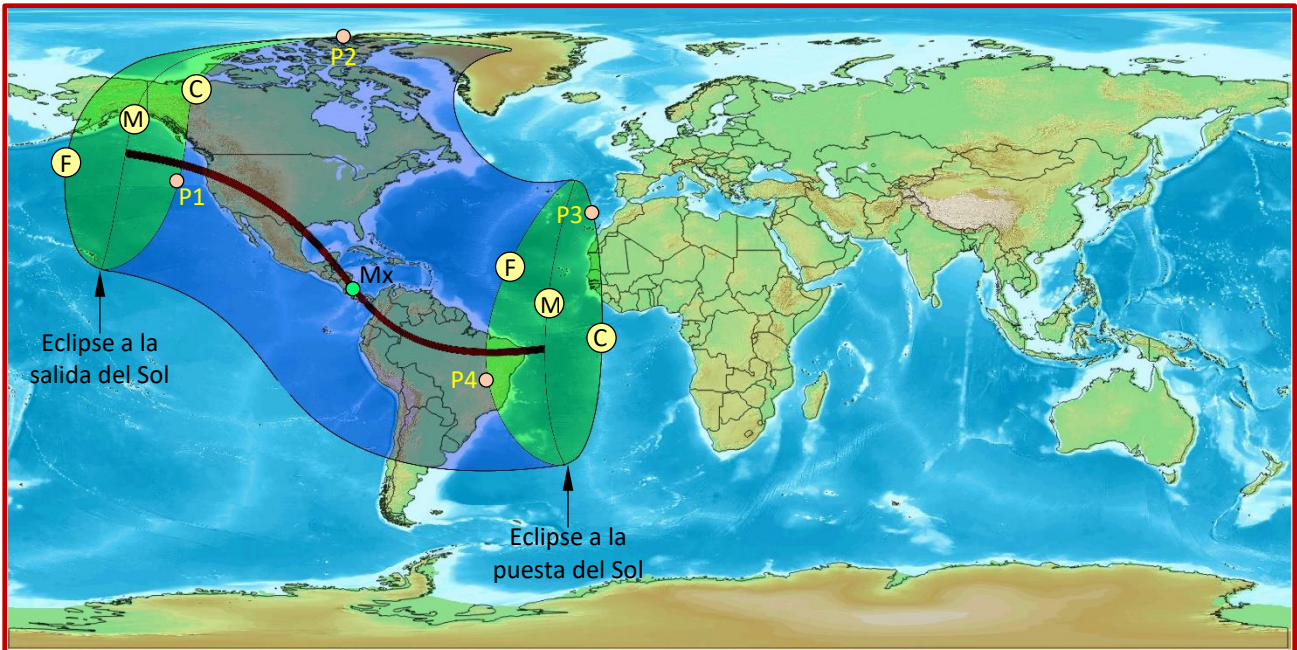


Figura 2: La región sombreada de azul y verde, muestra los límites de visibilidad general en el sistema de referencia EPSG 4326 (GWS84), con el mapa centrado en $\varphi = 0^\circ$ y $\lambda = 0^\circ$. Para las referencias de puntos y curvas destacadas ver la figura 1. Se observa cómo la mayor parte del eclipse se desarrolla, principalmente, en el hemisferio norte, situación que se destaca, en particular, en el corredor de *anularidad*. Como el fenómeno pertenece a un ciclo saros de número par (134), a medida que avance la serie, la región de ocurrencia se irá desplazando hacia el norte, hasta terminar con un eclipse parcial en el ártico, el 6 de agosto de 2510. La serie comenzó el 22 de junio de 1248, en la región antártica. Ver detalles de la serie más adelante en este mismo documento.

GEOMETRÍA DEL ECLIPSE EN EL MOMENTO DEL MÁXIMO

La figura 3, en la próxima página, muestra la configuración geométrica de la Tierra y la penumbra de la Luna en el momento del máximo del eclipse (17:59 UT). La cruz verde señala el centro de la Tierra y la cruz amarilla el lugar donde se produce el máximo (frente a las costas de Nicaragua). La distancia entre estos dos puntos es el parámetro gamma (γ), que mide la mínima distancia de separación entre el eje del cono de sombra y el centro de la Tierra, expresada en unidades del radio terrestre ecuatorial¹⁰, representado aquí por el símbolo R_\oplus .

Las medidas indicadas en el gráfico muestran las siguientes características de la geometría del momento.

- 1.- El eje del cono de sombra *pasa* a $\gamma = 0.3753 R_\oplus$ (aprox. 2394 km) al norte del centro de la Tierra.
- 2.- El borde sur de la penumbra queda a $d_2 = 0.1890 R_\oplus$ (aprox. 1205 km) del centro de la Tierra.
- 3.- El borde norte de la penumbra queda a $d_3 = 0.0604 R_\oplus$ (aprox. 385 km) del borde de la Tierra y a $0.9396 R_\oplus$ ¹¹ (aprox. 5993 km) del centro de la Tierra.

¹⁰ Dado que la Tierra no es una esfera perfecta, no hay un único valor que defina su radio. Éste varía entre 6378 y 6357 km, y hay distintos criterios para adoptar un valor nominal de referencia; puede ser el radio polar, el ecuatorial o algún otro que contemple, por ejemplo, el volumen o la superficie del planeta. En este documento se ha tomado el valor de 6378.1 km, de acuerdo con lo recomendado por la Unión Astronómica Internacional, y documentado en "The IAU 2009 system of astronomical constants: the report of the IAU working group on numerical standards for Fundamental Astronomy", Brian Luzum et al., *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy. An International Journal of Space Dynamics*. (2011) 110:293–304 - DOI 10.1007/s10569-011-9352-4

¹¹ $0.9396 R_\oplus = 0.3753 R_\oplus + 0.5643 R_\oplus$

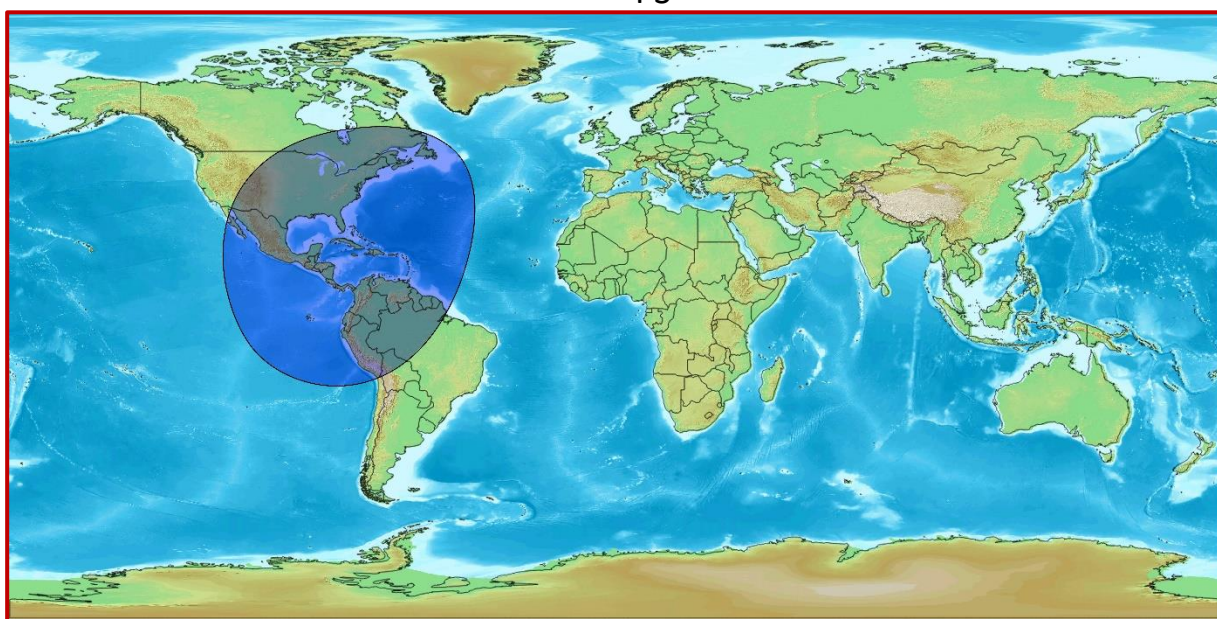
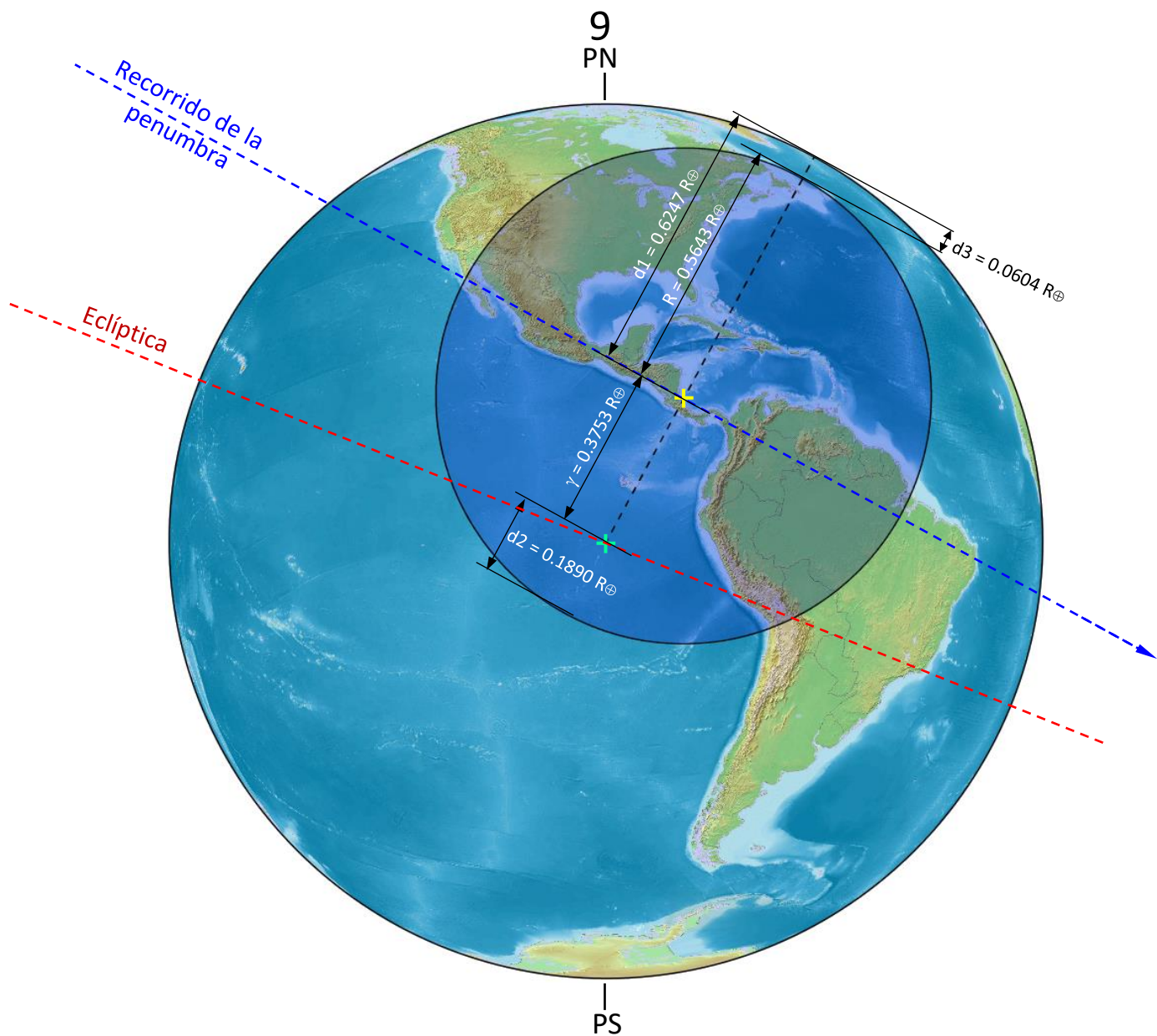


Fig. 3: La penumbra de la Luna a la hora del máximo (17:59 UT). La imagen superior (la Tierra en proyección ortográfica) muestra las principales características geométricas de ese momento. La cruz amarilla señala el centro de la penumbra y la verde el centro de la Tierra. La línea de trazos rojos representa la órbita terrestre, y la de trazos azules el recorrido de la penumbra durante el desarrollo del eclipse. La imagen inferior muestra el mismo instante en proyección equirectangular.

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA FASES PRINCIPALES DEL ECLIPSE

Las fases principales de un eclipse están caracterizadas por los contactos de la penumbra y la sombra de la Luna con la Tierra, que en este documento están simbolizados como P1, P2, P3, P4 para la penumbra, y como U1, U2, U3, U4 para la sombra. Las siguientes figuras muestran gráficamente estos contactos. En todos los casos, la imagen de la izquierda representa una vista desde el Sol, y la imagen de la derecha desde el cenit donde ocurre el contacto. La región sombreada de azul oscuro simula el hemisferio donde es de noche.

Comienzo y fin del eclipse en general: contactos P1 y P4

Estos contactos definen las tangencias externas de la penumbra con la Tierra.

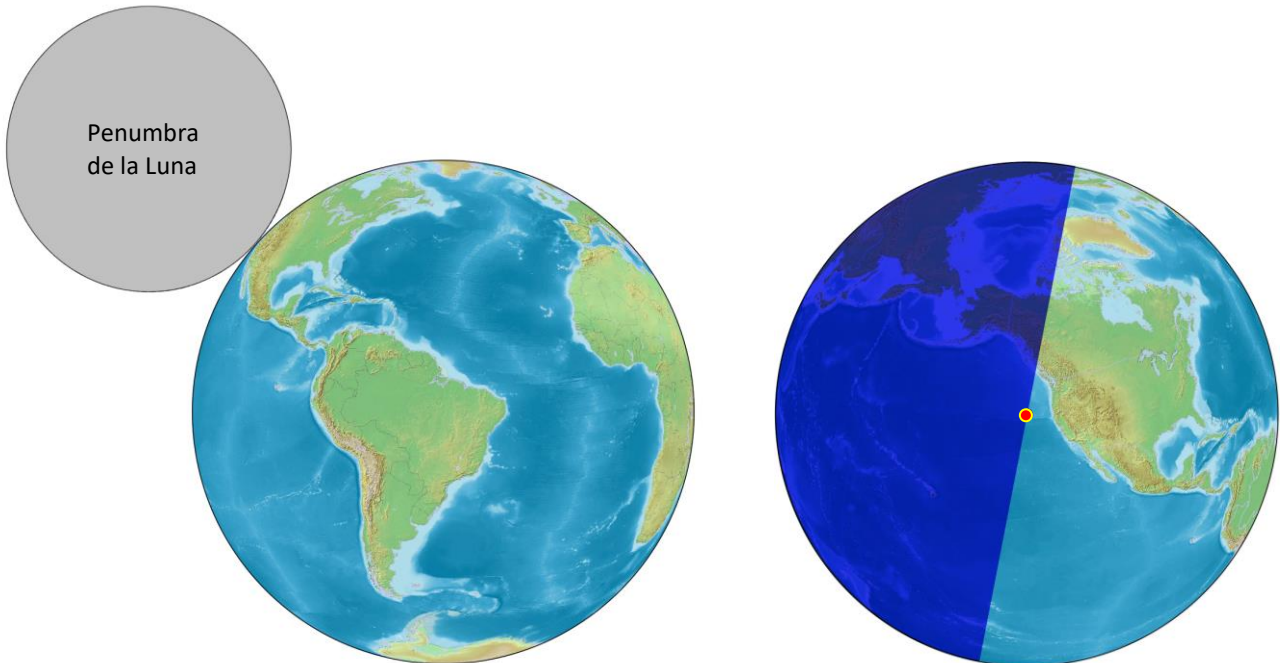


Fig. 4: Comienzo del eclipse (P1 = 15:03:49 UT). La penumbra de la Luna toca la Tierra sobre el Océano Pacífico Norte, a unos 650 km al oeste de la costa del norte de California, a la altura del límite con el estado de Oregón. Coordenadas del punto de contacto: $\varphi = 41^{\circ}20' N$, $\lambda = 132^{\circ}09' W$ (punto rojo frente a la costa oeste de Norteamérica).

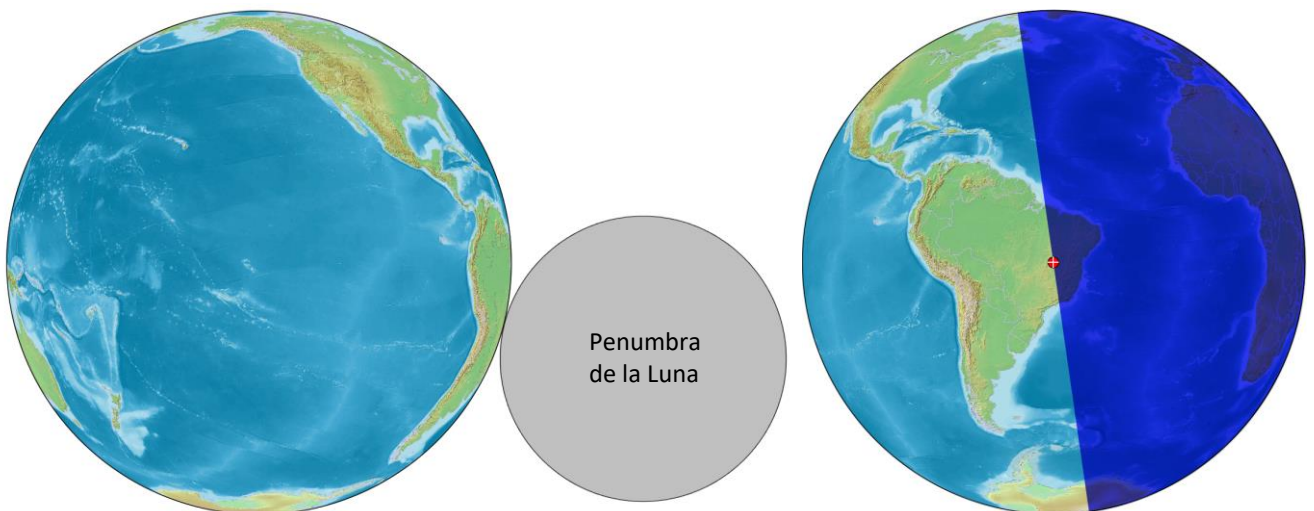


Fig. 5: Fin del eclipse (P4 = 20:55:17 UT). La penumbra de la Luna hace su último contacto con la Tierra en el SO del estado de Bahía, en Brasil, a unos 350 km al NE de Brasilia, su capital, y a unos 680 km al oeste de la costa del Océano Atlántico, aproximadamente a la altura de Salvador de Bahía, la capital del estado. Coordenadas del punto de contacto: $\varphi = 13^{\circ}48' S$, $\lambda = 45^{\circ}16' W$ (punto rojo sobre Brasil)

Fases intermedias del eclipse: contactos P2 y P3

Estos contactos identifican las tangencias internas de la penumbra con la Tierra, y corresponden al lapso en el cual el círculo completo de la penumbra *camina* sobre la Tierra¹².

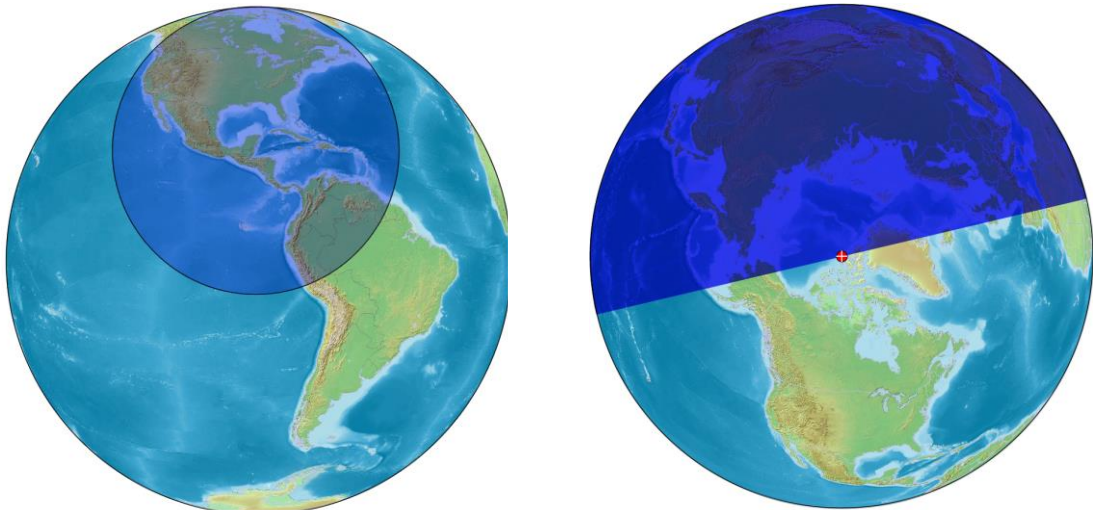


Fig. 6: Segundo contacto de la penumbra (P2 = 17:34:40 UT). La penumbra de la Luna hace tangencia interna con la Tierra, en las aguas del Océano Ártico, a unos 110 km al WNW de la isla Axel Heiberg, en el ártico canadiense. Coordenadas del punto de contacto: $\varphi = 81^{\circ}32' N$, $\lambda = 100^{\circ}44' W$ (punto rojo sobre las islas del ártico canadiense).

Comentario interesante: La isla Axel Heiberg alberga dos importantes centros de investigación: la Estación McGill de Investigación Ártica (MARS, por sus siglas en inglés) y una estación de la Agencia Espacial Canadiense (CSA). Ambos centros están estudiando la presencia de microbios que viven en un manantial hipersalino (aprox. 24 % de salinidad), con temperaturas sub-cero (aprox. $-5^{\circ}C$), que no dependen de la materia orgánica ni del oxígeno para vivir, sino que respiran y se alimentan de compuestos inorgánicos simples, como metano, sulfuros, monóxido de carbono, etc. Éstas son condiciones y compuestos que podrían encontrarse en Marte, lo que permitiría aventurar la existencia de algún tipo de microorganismos similares en el planeta rojo. (Ver "**Active lithoautotrophic and methane-oxidizing microbial community in an anoxic, sub-zero, and hypersaline High Arctic spring**", *The ISME Journal, Official Journal of the International Society for Microbial Ecology*, <https://doi.org/10.1038/s41396-022-01233-8>)

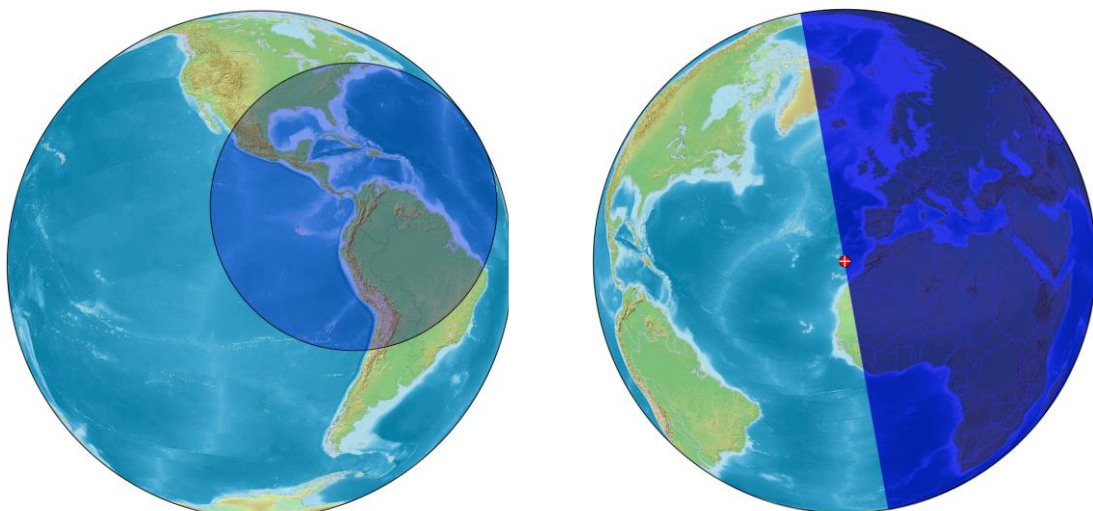


Fig. 7: Tercer contacto de la penumbra (P3 = 18:24:56 UT). La penumbra de la Luna hace tangencia interna con la Tierra, en las aguas del Océano Atlántico, a unos 450 km al NE de la isla Santa Cruz de la Palma (Islas Canarias, España) y a unos 500 km al oeste de Marruecos, en el norte de África, aproximadamente a la altura de la localidad de Esauira. Coordenadas del punto de contacto: $\varphi = 31^{\circ}44' S$, $\lambda = 14^{\circ}52' W$ (punto rojo frente a la costa oeste de África).

Comentario: en la isla Santa Cruz de la Palma se encuentra el Observatorio del Roque de los Muchachos, el que, con el Observatorio del Teide y el Instituto de Astrofísica de Canarias, integra el Observatorio Norte Europeo.

¹² En algunos eclipses, los contactos P3 y P4 no existen, porque parte de la penumbra de la Luna cae fuera de la Tierra.

Fase anular: contactos del comienzo (U1, U2) y del final (U3, U4)

Estos contactos especifican las tangencias externas e internas de la sombra de la Luna con la Tierra, y se presentan de manera gráfica en las figuras 8 y 9.

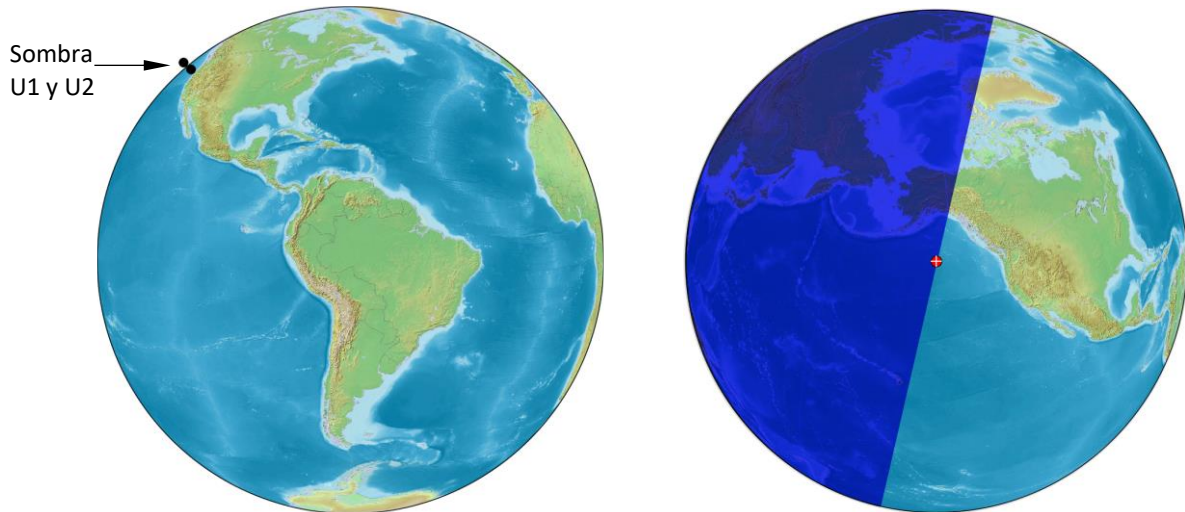


Fig. 8: Primer y segundo contacto de la sombra (U1 = 16:10:10 UT, U2 = 16:14:43 UT). La sombra de la Luna toca la Tierra, en las aguas del Océano Pacífico Norte, a unos 1500 km al oeste de la isla de Vancouver (Canadá), en el límite con el estado de Washington (EEUU), y a unos 1400 km al sur de la ciudad de Anchorage, en el estado de Alaska (EEUU). Coordenadas del punto de contacto U1: $\varphi = 48^{\circ}56' N$, $\lambda = 146^{\circ}29' W$ y del contacto U2: $\varphi = 49^{\circ}46' N$, $\lambda = 147^{\circ}20' W$ (punto rojo frente a la costa oeste de Norteamérica).

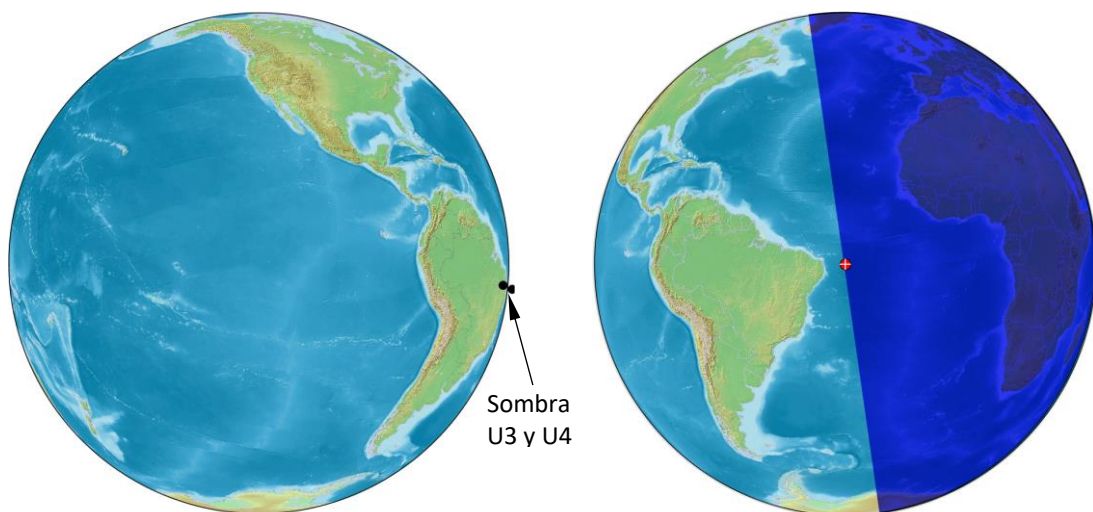


Fig. 9: Penúltimo y último contacto de la sombra (U3 = 19:44:36 UT, U4 = 19:48:04 UT). La sombra de la Luna hace su último contacto con la Tierra sobre las aguas del Océano Atlántico, frente a la costa de Brasil, a unos 600 km al este de la ciudad de Natal, capital del estado de Rio Grande del Norte. Coordenadas del punto de contacto U3: $\varphi = 05^{\circ}16' S$, $\lambda = 28^{\circ}53' W$ y del contacto U4: $\varphi = 06^{\circ}05' S$, $\lambda = 29^{\circ}53' W$ (punto rojo frente a la costa este de Brasil).

La representación de los contactos (U1, U2) y (U3, U4) no se presentan por separado porque, dado que el tamaño de la sombra es muy pequeño frente al tamaño del planeta, los puntos de contacto de cada par no son distinguibles en esta escala del dibujo.

EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL ECLIPSE

Los dos gráficos siguientes (figs. 10 y 11) muestran la región general de visibilidad y la traza de la penumbra a instantes determinados (isócronas de comienzo y fin del eclipse).

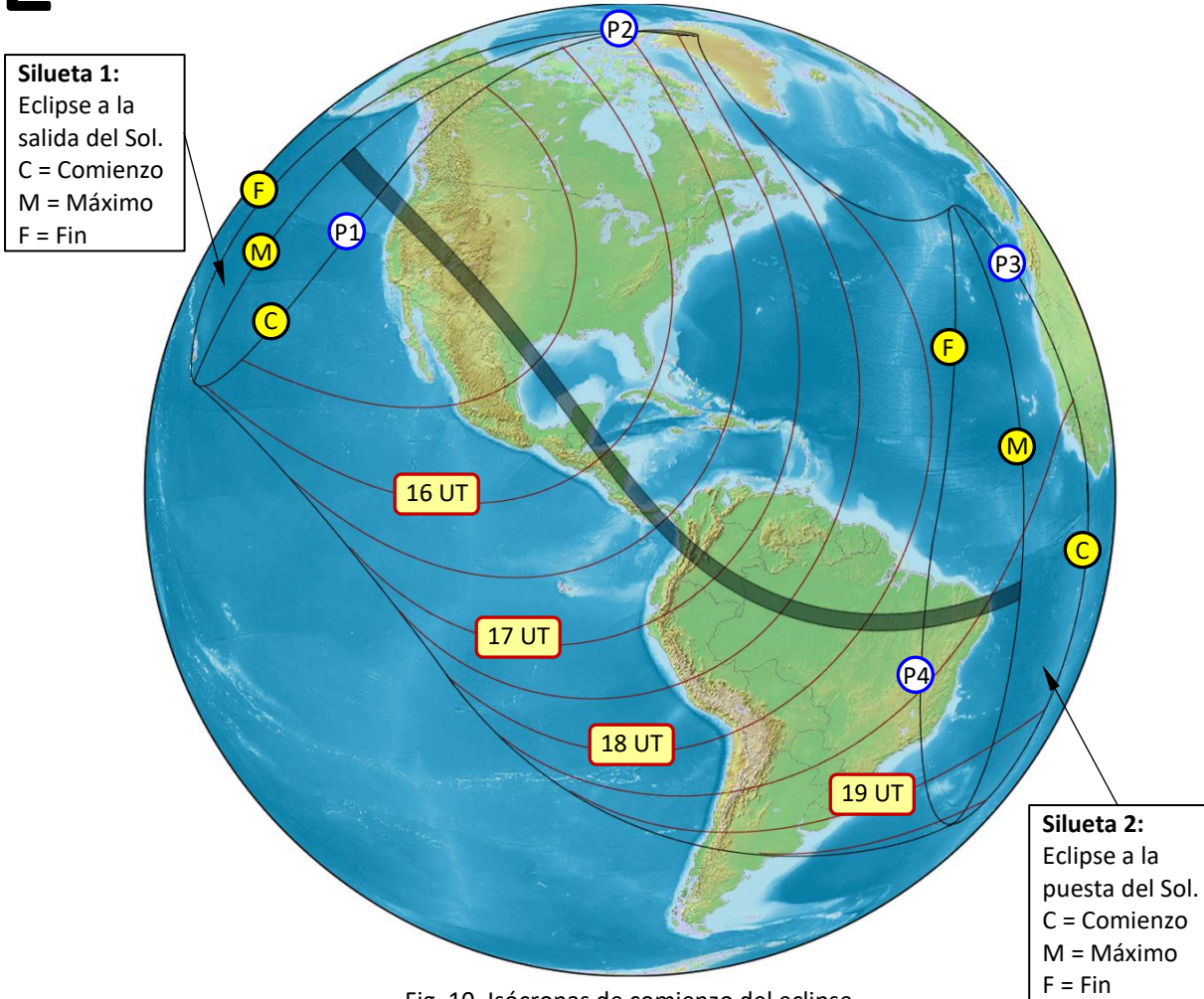


Fig. 10. Isócronas de comienzo del eclipse

Las líneas exteriores de la figura superpuesta a la imagen de la Tierra encierran la región desde donde el eclipse es visible en forma general. Por fuera de esa región nada del eclipse es visible. La fase anular sólo se experimenta a lo largo de la franja de color gris oscuro.

Las curvas interiores de las figuras 10 y 11 marcan la traza de la penumbra en intervalos de 30 minutos. Los rótulos de cada curva indican las horas *enteras* de comienzo (fig. 10) o fin (fig. 11) del eclipse para los lugares que coinciden con la curva. Aquellos lugares que se encuentran dentro de las siluetas que contienen las letras C, M y F ven el eclipse en progreso al orto u ocaso del Sol:

Silueta 1: entre las líneas C y F, el Sol sale ya eclipsado y sólo parte del eclipse es visible. Sobre la línea C el eclipse comienza justo a la salida del Sol (desde esos lugares se ve todo el eclipse), y sobre la línea F el eclipse termina a la salida del Sol (nada del eclipse es visible). Sobre la línea M, el Sol sale cuando se produce el máximo, y sólo es visible la última mitad del fenómeno.

Silueta 2: entre las líneas C y F, el Sol se pone eclipsado y sólo parte del eclipse es visible. Sobre la línea C el eclipse comienza justo a la puesta del Sol (desde esos lugares no se ve nada del eclipse), y sobre la línea F el eclipse termina a la puesta del Sol (todo el eclipse es visible). Sobre la línea M, el Sol se pone cuando se produce el máximo, y sólo es visible la primera mitad del fenómeno.

Para una visualización más clara de los conceptos anteriores, ver fotografías más adelante.

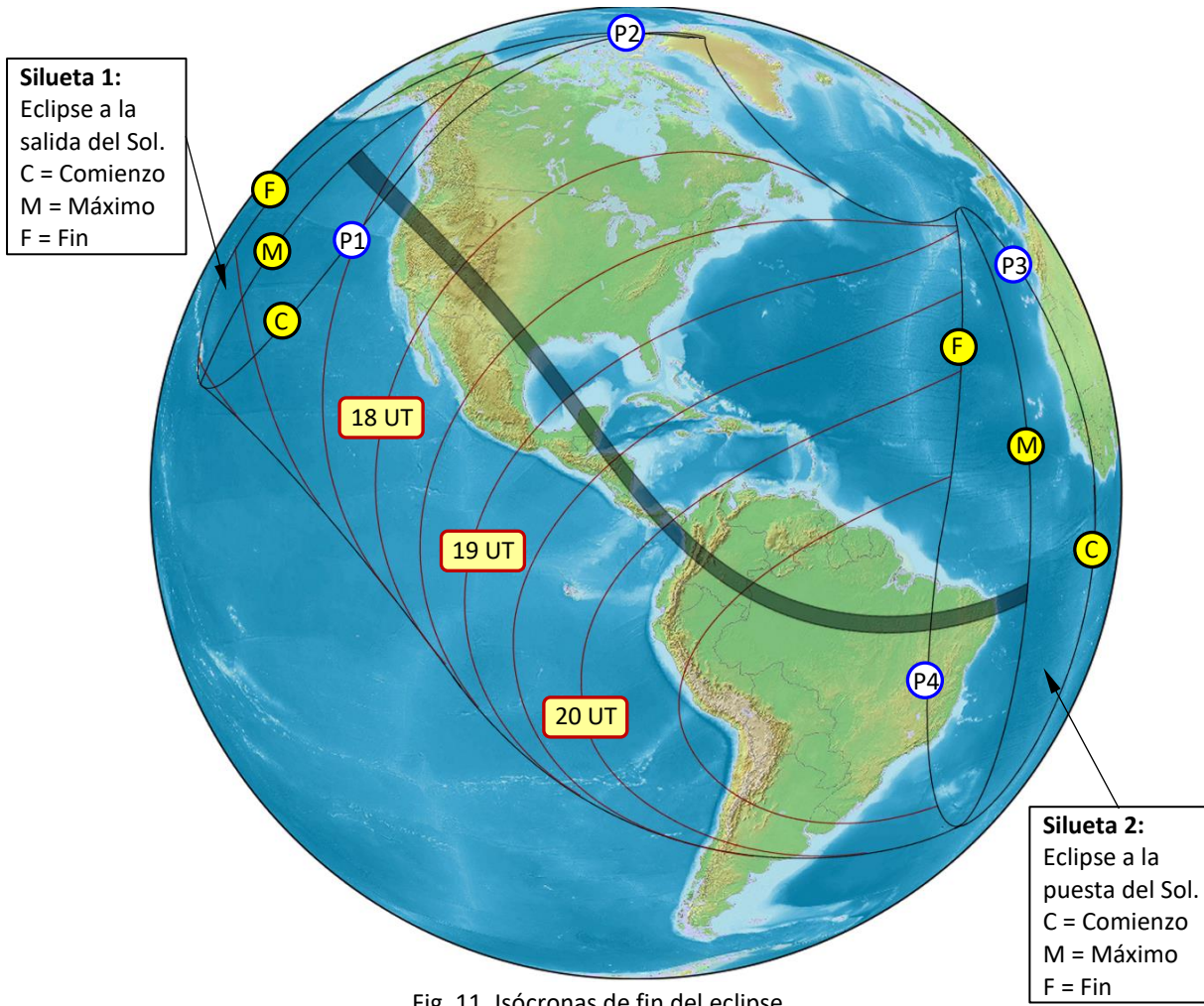


Fig. 11. Isócronas de fin del eclipse

FOTOGRAFÍAS DE ECLIPSES A LA SALIDA O PUESTA DEL SOL

Las siguientes fotografías muestran cómo se ve un eclipse a la salida o puesta del Sol; esto es, cómo se experimenta el fenómeno desde las siluetas identificadas con las letras C, F y M en las figuras 10 y 11.



Fig. 12: El Sol sale parcialmente eclipsado, el 31 de mayo de 2003. Fotografía tomada por Alex Conu. cerca de Bucarest (Rumania). <https://www.naturettl.com/photo-graph-solar-eclipses/>



Fig. 13: Salida del Sol parcialmente eclipsado, el 10 de junio de 2021, detrás de la cúpula del Capitolio, en Arlington, Virginia (EEUU). <https://www.nydailynews.com/2021/06/10/2021-ring-of-fire-partial-solar-eclipse/>



Fig. 14: Puesta del Sol en El Calafate (Santa Cruz, Argentina) durante la fase de totalidad del eclipse del 11 de julio de 2010. Se distingue perfectamente la sombra de la Luna. Fotografía de C.C. Mallamaci.

CURVAS DE ISOMAGNITUD

En el gráfico siguiente (fig. 15) se presentan las curvas que unen los lugares donde el eclipse alcanza la misma magnitud¹³. Los rótulos en cada una de ellas indican la fracción de cubrimiento del Sol por la Luna. Todos los lugares situados sobre una determinada curva ven el eclipse con la magnitud indicada en el rótulo correspondiente. Así, por ejemplo, en el norte de la República Argentina, por donde cruza la línea de valor 0.4, el Sol se verá *mordido* en un 40 % de su diámetro. De similar manera, en la República Oriental del Uruguay, atravesada por la curva de 0.2, se lo verá *mordido* en un 20 %, en promedio (la curva divide al país en dos partes prácticamente iguales). También se indica la hora a la que se produce el máximo en cada una de las curvas. Por ejemplo, en la ciudad de Lima, capital del Perú, el máximo cubrimiento del Sol será del 60 % y se producirá a la hora 19:00 UT¹⁴ (Lima se encuentra, aproximadamente, en la intersección de la curva de magnitud 0.6 con la curva de la hora 19:00 UT).

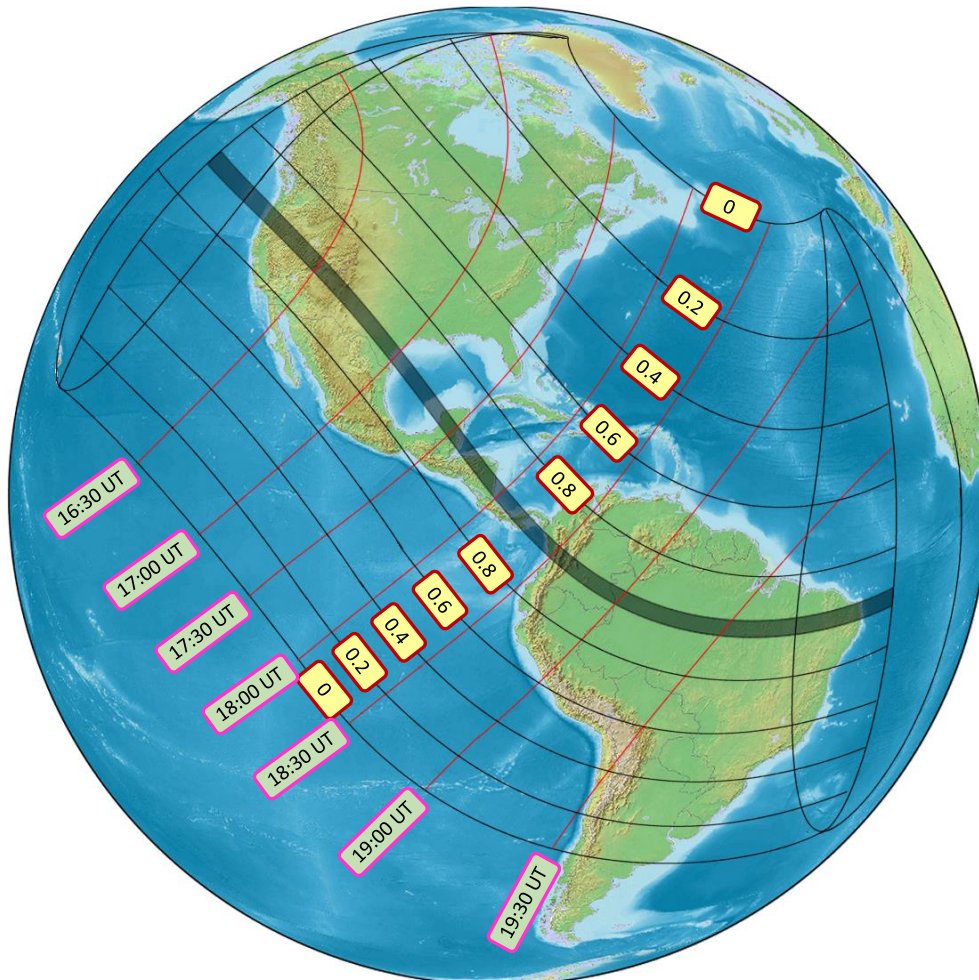


Fig. 15. Curvas de igual magnitud

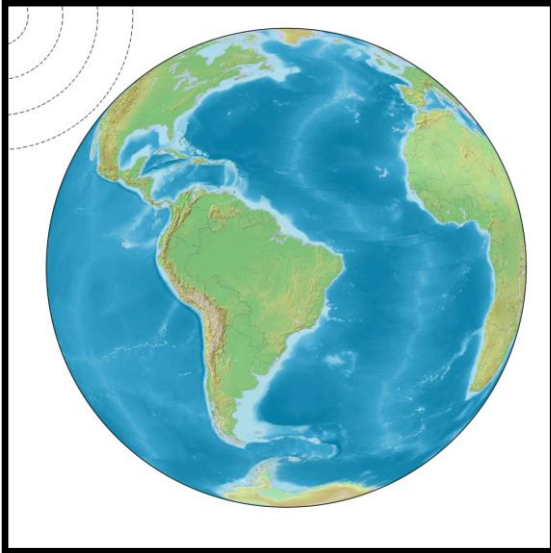
En las páginas siguientes se presenta un esquema del desarrollo temporal del eclipse, por medio de las trazas de la penumbra cada 30 minutos entre las 15:00 UT (4 minutos antes del comienzo del eclipse) y las 21:00 (4 minutos después del fin).

¹³ La magnitud de un eclipse se define como la fracción del **diámetro** aparente del Sol cubierto por el **diámetro** aparente de la Luna. La magnitud es una relación entre diámetros, mientras que el oscurecimiento mide la superficie aparente del Sol ocultada por la Luna.

¹⁴ El valor teórico del máximo para la ciudad de Lima ($\varphi = 12^{\circ}02'47''$ S, $\lambda = 77^{\circ}02'34''$ W) es: magnitud de 60.3 % a la hora 19:04 UT.

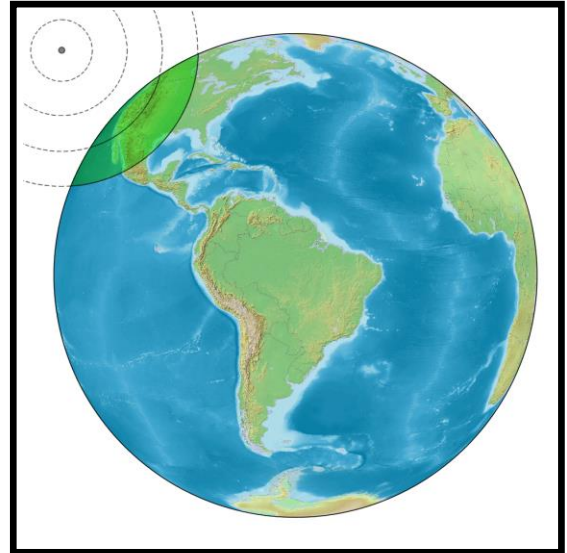
TRAZA DE LA PENUMBRA PARA INSTANTES DETERMINADOS¹⁵

En los siguientes gráficos, los círculos añadidos a la figura de la Tierra representan la penumbra de la Luna. Desde los lugares situados dentro de ellos (*dentro* y fuera de la Tierra) se puede ver el Sol eclipsado. Las áreas resaltadas en color verde destacan los lugares de la Tierra donde el eclipse es visible. Los círculos representan el porcentaje de cubrimiento del Sol, en intervalos de 25 %. El círculo mayor corresponde a 0 % y marca el límite de visibilidad, y el pequeño círculo negro en el centro simboliza la sombra de la Luna.

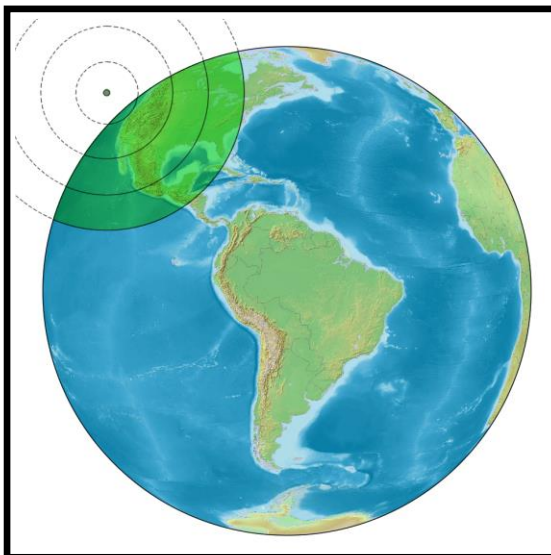


15:00 UT

La penumbra, que a las 15:04 UT hace su primer contacto con la Tierra, avanza en dirección al continente americano. Entre las 15:00 y las 15:30 UT la penumbra se mueve sobre Norteamérica y cubre la mitad oeste de Canadá y Estados Unidos, y gran parte del norte de México.

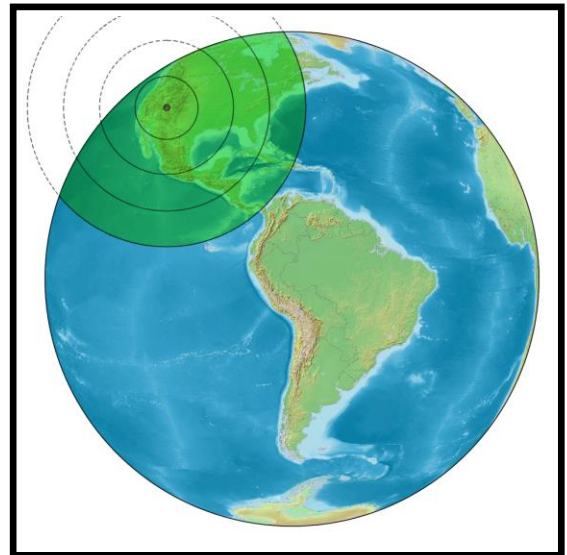


15:30 UT



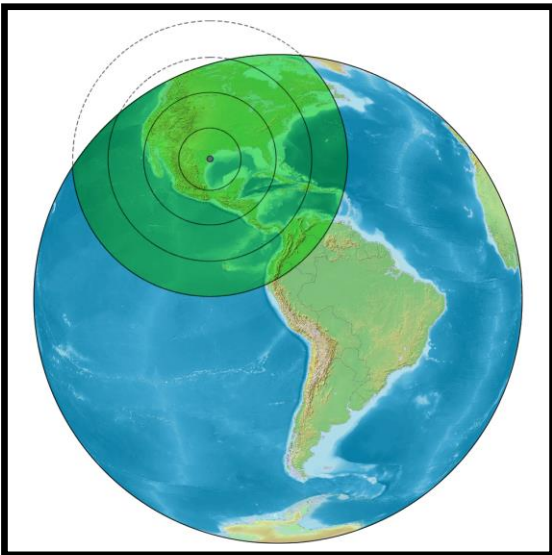
16:00 UT

A las 16:00 UT la penumbra cubre casi toda América del Norte y llega hasta Honduras y El Salvador por el sur. Apenas 10 minutos después, a las 16:10 UT, la sombra de la Luna toca la Tierra y da comienzo a la fase anular. A las 16:30 UT la penumbra alcanza el límite entre Panamá y Colombia, y la sombra camina sobre el estado de Utah, en Estados Unidos.



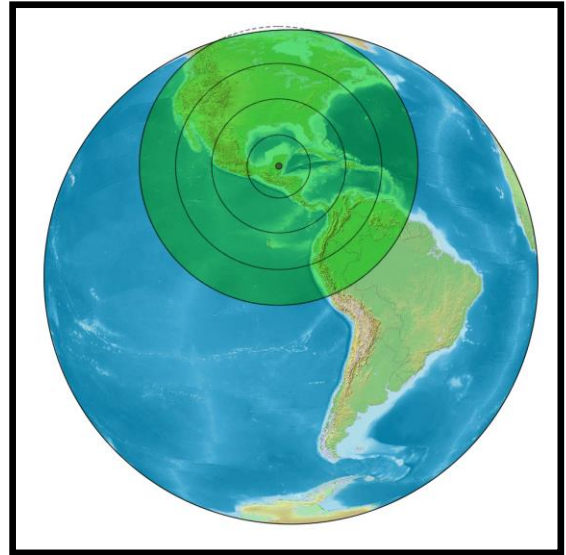
16:30 UT

¹⁵ Para un panorama más claro de las regiones que cubre la penumbra, comparar con las fig. 10 y 11, en las que se ve el continente americano *de frente*.

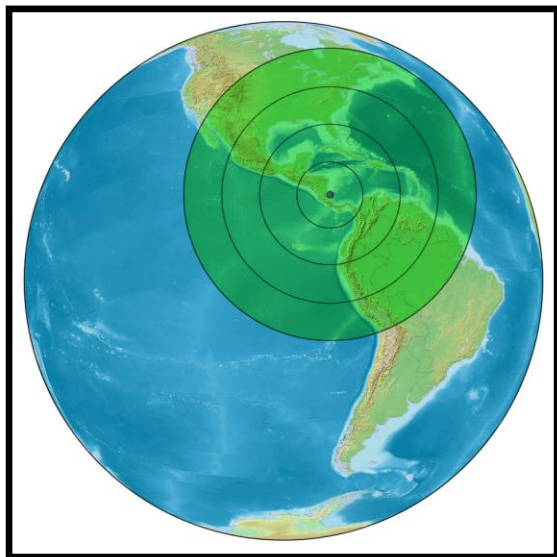


17:00 UT

A las 17:00 UT, mientras la penumbra cubre toda Norteamérica, Centroamérica, el Caribe y el extremo NO de Sudamérica, la sombra de la Luna entra en el Golfo de México por el SE de Texas, en Estados Unidos. A las 17:30 UT la penumbra se encuentra ya casi totalmente dentro de la Tierra, y la sombra pasa por la península de Yucatán, cerca del límite con Belice y Guatemala. 5 minutos después tiene lugar el segundo contacto (tangencia interna) de la penumbra con la Tierra en el ártico canadiense, al WNW de la isla Axel Heiberg.

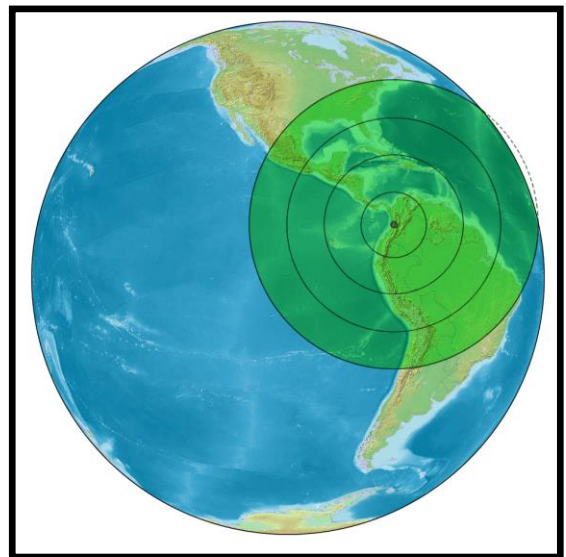


17:30 UT

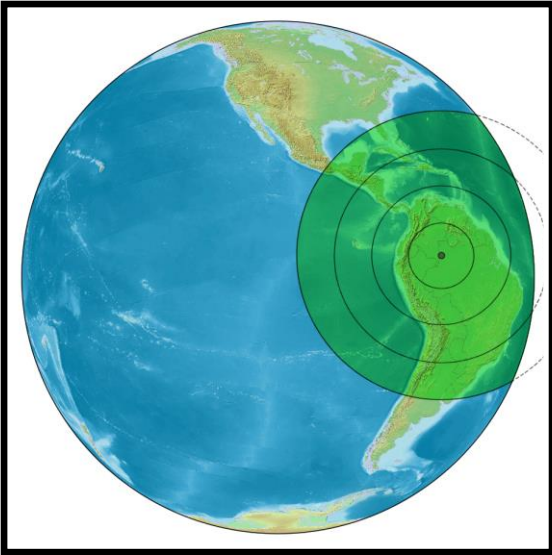


18:00 UT

A las 18:00 UT el eclipse alcanza su máxima magnitud sobre el mar Caribe, frente a la costa de Nicaragua, a menos de 100 km del límite con Costa Rica. A las 18:30 UT una pequeña parte de la penumbra se sale fuera de la Tierra, 5 minutos después de producido el tercer contacto (tangencia interior) a unos 500 km al oeste de la costa de Marruecos y a unos 450 km al NE de las Islas Canarias, España (ver fig. 7).

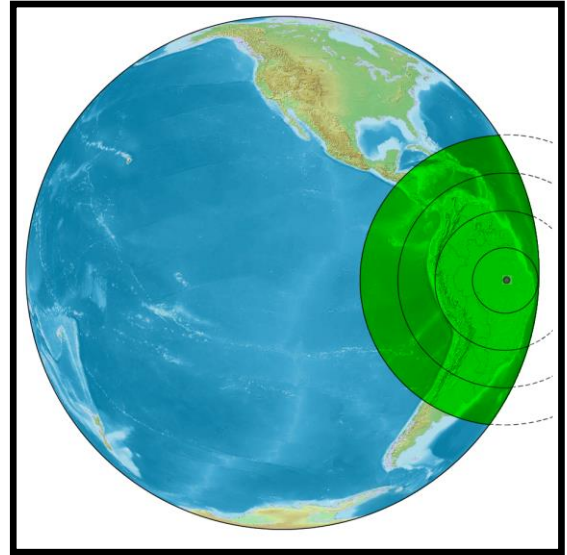


18:30 UT

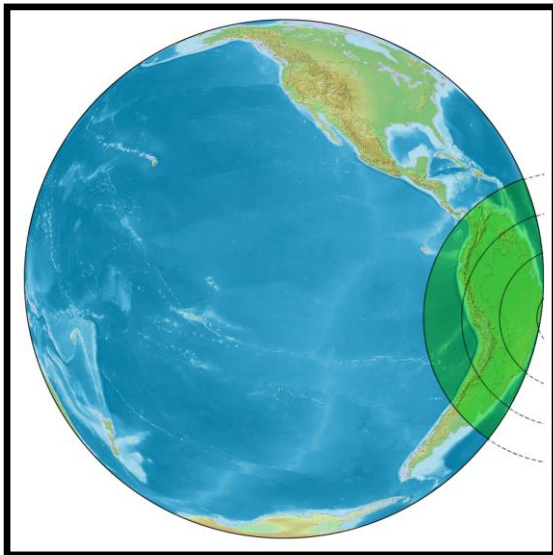


19:00 UT

A las 19:00 UT la sombra de la Luna cruza el límite entre Colombia y Brasil, en la región del río Caquetá. La penumbra cubre Centroamérica, el Caribe y gran parte de Sudamérica. A las 19:30 UT el límite de visibilidad sur del eclipse cruza, aproximadamente, desde la región de Ñuble, en Chile, hasta el sur de la provincia de Buenos Aires, a la altura de Bahía Blanca, en la República Argentina. La sombra de la Luna está próxima a hacer sus últimos contactos con la Tierra.

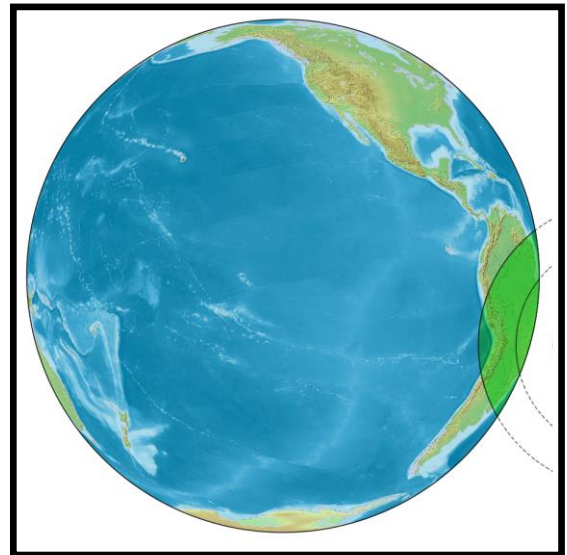


19:30 UT

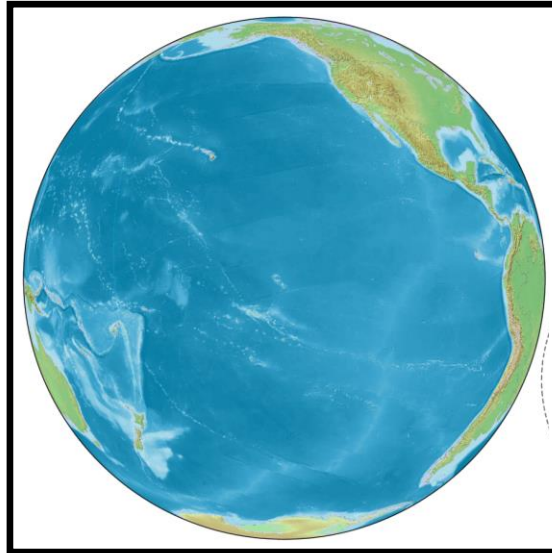


20:00 UT

Entre las 20:00 y las 20:30 UT sólo la penumbra de la Luna se mueve sobre Sudamérica (la sombra abandonó la Tierra a las 19:48 UT). El eclipse está próximo a terminar.



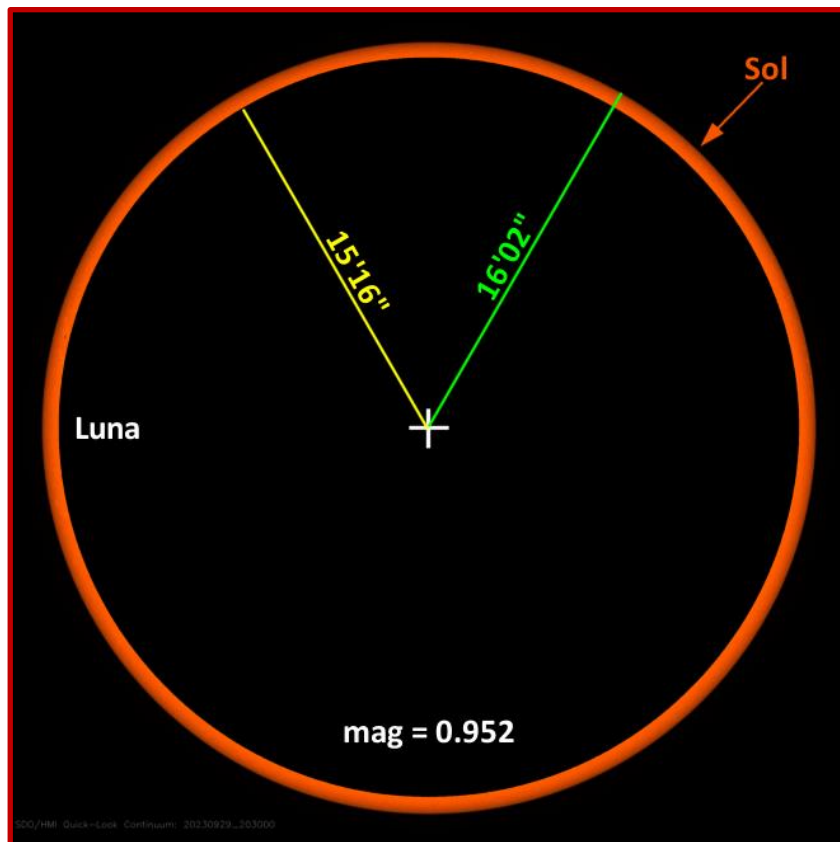
20:30 UT



21:00 UT

El eclipse ha terminado. La penumbra de la Luna ha dejado la Tierra 5 minutos antes de las 21:00 UT, y se pierde en el espacio.

**EL ECLIPSE VISTO DESDE EL LUGAR DEL MÁXIMO ($\varphi = 11^{\circ}22.1' N$; $\lambda = 83^{\circ}06.1' W$)
(en el momento del máximo: 17h59m31s UT)**



$$mag = \frac{15'16''}{16'02''} = 0.952$$

EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL ECLIPSE EN INTERVALOS DE MEDIA HORA

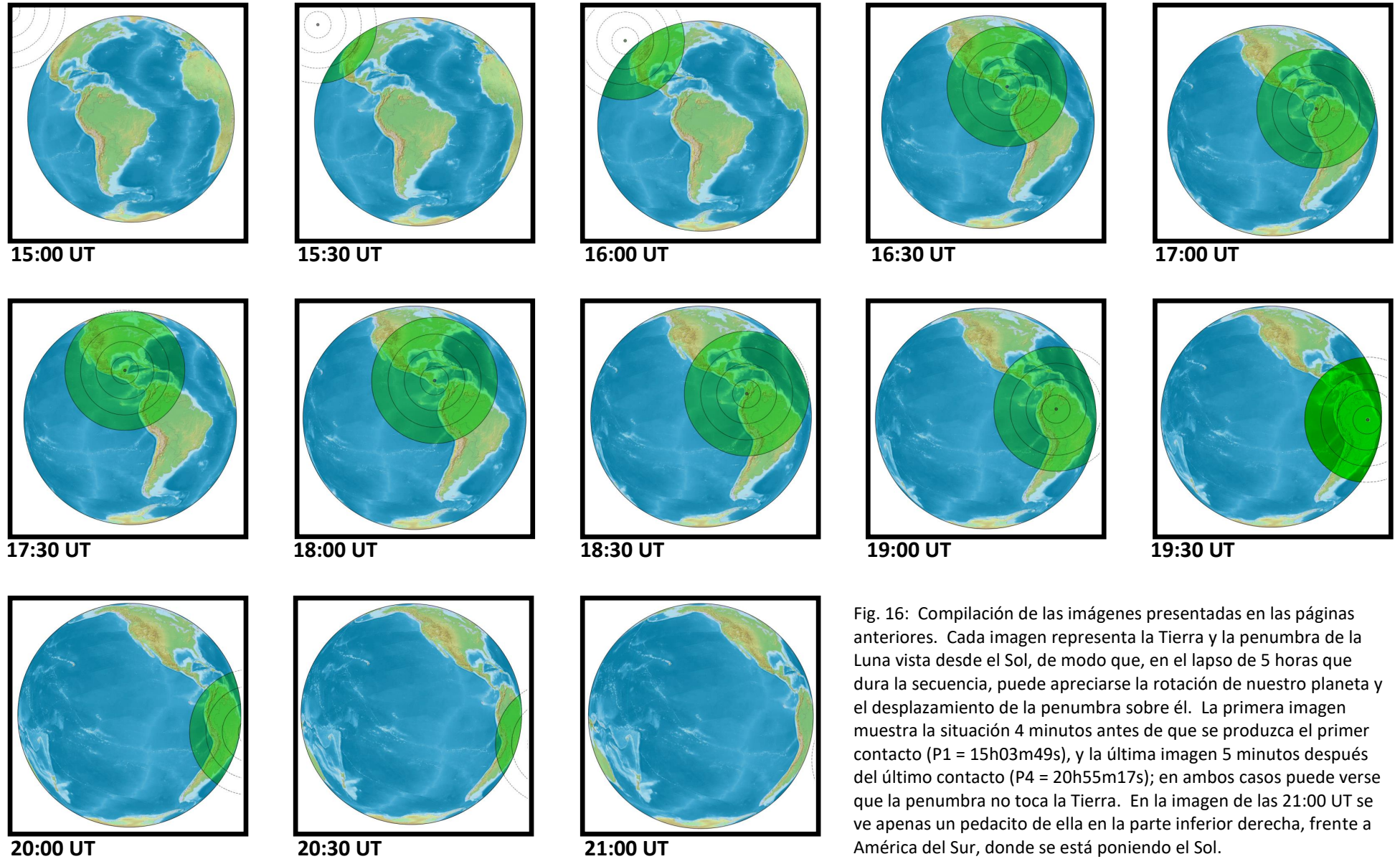


Fig. 16: Compilación de las imágenes presentadas en las páginas anteriores. Cada imagen representa la Tierra y la penumbra de la Luna vista desde el Sol, de modo que, en el lapso de 5 horas que dura la secuencia, puede apreciarse la rotación de nuestro planeta y el desplazamiento de la penumbra sobre él. La primera imagen muestra la situación 4 minutos antes de que se produzca el primer contacto ($P1 = 15h03m49s$), y la última imagen 5 minutos después del último contacto ($P4 = 20h55m17s$); en ambos casos puede verse que la penumbra no toca la Tierra. En la imagen de las 21:00 UT se ve apenas un pedacito de ella en la parte inferior derecha, frente a América del Sur, donde se está poniendo el Sol.

ELEMENTOS Y CIRCUNSTANCIAS GENERALES DEL ECLIPSE

Conjunción geocéntrica en ascensión recta : 17h36m38.5s UT (sáb 14-oct-2023)
 Máximo del eclipse : 17h59m31.1s UT

ΔT (TD - UT) = 69.5s

44° eclipse del saros N° 134 (71 en total)

Lunación N° 1247 de la serie de Brown (*ver más sobre las lunaciones, o ciclos lunares en la página siguiente*)

Coordenadas ecuatoriales a la hora

del máximo del eclipse (17:59:31.1 UT)

	SOL	LUNA
Ascensión recta (α)	: 13h18m05.4s	13h18m44.3s
Declinación (δ)	: -08°14'36.7"	-07°56'18.9"
Paralaje horizontal ecuatorial	: 8.8"	55'13.8"
Semidiámetro	: 16'02.0"	15'02.6"

Fases del eclipse	U.T.	Longitud	Latitud
Fases de la penumbra			
P1: Contacto exterior penumbra	15:03:48.7	41°20'N	132°09'W
P2: Contacto interior penumbra	17:34:40.3	81°32'N	100°44'W
P3: Contacto interior penumbra	18:24:55.6	31°44'N	014°52'W
P4: Contacto exterior penumbra	20:55:17.2	13°48'S	045°16'W
Fases de la sombra			
U1: Contacto exterior sombra	16:10:09.5	48°56'N	146°29'W
U2: Contacto interior sombra	16:14:43.0	49°46'N	147°20'W
Mx: Máximo del eclipse	17:59:31.1	11°22'N	83°06'W
U3: Contacto interior sombra	19:44:35.5	05°16'S	028°53'W
U4: Contacto exterior sombra	19:49:03.6	06°05'S	029°53'W

Parámetros en el máximo

Magnitud : 0.952 (Fracción del diámetro solar cubierto por la Luna)
 Oscurecimiento : 0.906 (Fracción del área del disco solar cubierto por la Luna)

Altura del Sol : 68°

Acimut del Sol : 208°

Mínima distancia del eje del cono

de sombra al centro de la Tierra: $\gamma = +0.3753$ radios terrestres

(= 2394 km al norte del centro de la Tierra)

ELEMENTOS BESSELIANOS

$$x = + 0.1696430 + 0.4585533 t + 0.0000278 t^2 - 0.00000543 t^3$$

$$y = + 0.3346740 - 0.2413671 t + 0.0000240 t^2 + 0.00000303 t^3$$

$$d = - 8.2441900 - 0.0148880 t + 0.0000020 t^2$$

$$\mu = +93.5017300 + 15.003530 t$$

$$l1 = + 0.5643040 - 0.0000891 t - 0.0000103 t^2$$

$$l2 = + 0.0180900 - 0.0000886 t - 0.0000103 t^2$$

$$\tan f1 = +0.0046882 \quad \tan f2 = +0.0046648$$

$$t = UT - 18h00m00s \text{ (UT = hora para la cual se evalúan los elementos)}$$

EL ECLIPSE Y LAS LUNACIONES O CICLOS LUNARES¹⁶

De acuerdo con el origen elegido, y basado en razones históricas o culturales, el eclipse del 14 de octubre de 2023 puede incluirse en los siguientes ciclos lunares o lunaciones¹⁷:

Brown	BLN:	1247	Hebrea	HLN:	71528
Jean Meeus	LN:	294	Islámica	ILN:	17332
Goldstine	GLN:	37399	Thai	TLN:	17137

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 (comienzo de la era birmana en el calendario budista).

Correspondencia entre los distintos ciclos:

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

¹⁶Una lunación o mes sinódico es el ciclo de las fases lunares. Tiene una duración **promedio** de 29 días, 12 horas, 44 minutos y 2.8 segundos. Puede variar entre 29 días, 6 horas y 29 días, 19 horas.

¹⁷ https://en.wikipedia.org/wiki/New_moon#Lunation_number

EL ECLIPSE DENTRO DE LA SERIE SAROS*

Será éste el eclipse N° 44 del saros N°134, serie que comprende 71 eclipses en total. El primero de la serie tuvo lugar el lunes 22 de junio de 1248 en las proximidades de la Antártida, y el último ocurrirá el miércoles 06 de agosto de 2510 en la zona del Ártico, ambos de tipo parcial. El siguiente cuadro muestra algunos otros detalles de esta serie:

Serie saros N° 134 ¹⁸	
Cantidad de eclipse	: 71 100%
parciales	: 17 24%
anulares	: 30 42%
totales	: 8 11%
híbridos	: 16 23%
Duración de la serie: 1262.1 años	
Primera mitad de la serie	
Primer eclipse (parcial)	22 de junio de 1248 (lun)
Último eclipse parcial (1ra. mitad de la serie)	28 de septiembre de 1410 (dom)
Primer eclipse total	09 de octubre de 1428 (sáb)
Último eclipse total	24 de diciembre 1554 (lun)
Primer eclipse híbrido	03 de enero de 1573 (sáb)
Último eclipse híbrido	27 de junio de 1843 (mar)
Primer eclipse anular (único de la primera mitad)	08 de julio de 1861 (lun)
Mitad de la serie (anular)	19 de julio de 1879 (sáb)
Segunda mitad de la serie	
Primer eclipse anular (2ra. mitad de la serie)	29 de julio de 1897 (jue)
Último eclipse anular	21 de mayo de 2384 (lun)
Primer eclipse parcial (2da. mitad de la serie)	01 de junio de 2402 (sáb)
Último eclipse (parcial)	06 de agosto de 2510 (mié)
<hr/>	
Eclipse anular de mayor duración (10m55s) ¹	10 de enero de 2168 (dom)
Eclipse anular de menor duración (00m02s) ¹	21 de mayo de 2384 (lun)
Eclipse total de mayor duración (01m30s) ¹	09 de octubre de 1428 (sáb)
Eclipse total de menor duración (00m25s) ¹	24 de diciembre de 1554 (lun)
Eclipse híbrido más largo (00m49s) ¹	14 de mayo de 1771 (mar)
Eclipse híbrido más corto (00m07s) ¹	27 de junio de 1843 (mar)
Eclipse parcial de mayor magnitud (0.9717) ²	28 de septiembre de 1410 (dom)
Eclipse parcial de menor magnitud (0.0222) ²	22 de junio de 1248 (lun)
<hr/>	
¹ Duración de la fase anular o total)	
² Magnitud	

(*) El ciclo saros rige la periodicidad y recurrencia de los eclipses. Un saros equivale a 223 meses sinódicos (período entre dos Lunas Nuevas) y comprende ~6585.32 días o 18 años, 10 u 11 días (según la cantidad de años bisiestos) y 8 horas. Dos eclipses cualesquiera separados por un ciclo saros comparten geometrías muy similares: se producen en el mismo nodo, con la Luna casi a la misma distancia de la Tierra y en la misma época del año. Sin embargo, dado que el período saros no tiene una cantidad entera de días, sino que tiene una fracción extra de 8 horas (1/3 de día), la Tierra debe girar un ángulo adicional de 120° (360°/3), lo que lleva a que la trayectoria de cada eclipse sucesivo se desplace 120° hacia el oeste (<https://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEsaros/SEsaros.html>).

¹⁸ Adaptado de <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEsaros/SEsaros134.html> (Fred Espenak)

Serie Saros 134

La tabla de más abajo presenta la lista completa de los 71 eclipses que conforman la serie saros 134. Los miembros de la serie están ordenados en cuadros de color, según el tipo de eclipse.

Color gris: eclipses parciales (10 al comienzo y 7 al final)

Color naranja: eclipses totales (8)

Color celeste: eclipses híbridos (16)

Color verde: eclipses anulares (30)

Nro.	Fecha	Tipo	Lugar	γ	Mag	Ancho	Dur.	Nro.	Fecha	Tipo	Lugar	γ	Mag	km	Dur.
1	22-Jun-1248	Parcial	65 S; 126 W	-1,52	0,02			35	8-Jul-1861	Anular	10 N; 146 E	-0,22	0,99	7	0:14
2	4-Jul-1266	Parcial	64 S; 112 E	-1,45	0,15			36	19-Jul-1879	Anular	13 N; 43 E	-0,14	0,99	20	0:39
3	14-Jul-1284	Parcial	63 S; 10 W	-1,38	0,29			37	29-Jul-1897	Anular	15 N; 59 W	-0,06	0,98	35	1:05
4	25-Jul-1302	Parcial	63 S; 133 W	-1,31	0,41			38	10-Ago-1915	Anular	16 N; 161 W	0,01	0,98	52	1:33
5	5-Ago-1320	Parcial	62 S; 103 E	-1,25	0,53			39	21-Ago-1933	Anular	17 N; 96 E	0,09	0,98	71	2:04
6	16-Ago-1338	Parcial	62 S; 22 W	-1,20	0,64			40	1-Sep-1951	Anular	17 N; 9 W	0,16	0,97	91	2:36
7	26-Ago-1356	Parcial	61 S; 148 W	-1,14	0,74			41	11-Sep-1969	Anular	16 N; 114 W	0,22	0,96	114	3:11
8	7-Sep-1374	Parcial	61 S; 84 E	-1,09	0,83			42	23-Sep-1987	Anular	14 N; 138 E	0,28	0,96	137	3:49
9	17-Sep-1392	Parcial	61 S; 46 W	-1,05	0,90			43	3-Oct-2005	Anular	13 N; 29 E	0,33	0,95	162	4:32
10	28-Sep-1410	Parcial	61 S; 177 W	-1,02	0,97			44	14-Oct-2023	Anular	11 N; 83 W	0,38	0,95	187	5:17
11	9-Oct-1428	Total	63 S; 6 E	-0,99	1,02	*	1:30	45	25-Oct-2041	Anular	10 N; 163 E	0,41	0,94	213	6:07
12	20-Oct-1446	Total	66 S; 57 W	-0,97	1,02	386	1:25	46	5-Nov-2059	Anular	9 N; 47 E	0,45	0,94	238	7:00
13	30-Oct-1464	Total	69 S; 176 E	-0,96	1,02	267	1:14	47	15-Nov-2077	Anular	8 N; 71 W	0,47	0,93	262	7:54
14	11-Nov-1482	Total	73 S; 44 E	-0,95	1,01	203	1:03	48	27-Nov-2095	Anular	7 N; 170 E	0,49	0,93	285	8:47
15	21-Nov-1500	Total	76 S; 91 W	-0,94	1,01	159	0:52	49	8-Dic-2113	Anular	7 N; 49 E	0,50	0,92	304	9:35
16	2-Dic-1518	Total	80 S; 129 E	-0,94	1,01	125	0:41	50	19-Dic-2131	Anular	8 N; 73 W	0,52	0,92	321	10:14
17	13-Dic-1536	Total	85 S; 17 W	-0,93	1,00	97	0:33	51	30-Dic-2149	Anular	9 N; 165 E	0,53	0,92	334	10:42
18	24-Dic-1554	Total	88 S; 159 E	-0,93	1,00	75	0:25	52	10-Ene-2168	Anular	10 N; 42 E	0,53	0,92	344	10:55
19	3-Ene-1573	Híbrido	86 S; 54 W	-0,93	1,00	57	0:20	53	20-Ene-2186	Anular	13 N; 80 W	0,54	0,92	350	10:53
20	25-Ene-1591	Híbrido	82 S; 151 E	-0,93	1,00	45	0:16	54	2-Feb-2204	Anular	16 N; 158 E	0,55	0,92	353	10:38
21	4-Feb-1609	Híbrido	77 S; 7 E	-0,92	1,00	37	0:15	55	12-Feb-2222	Anular	20 N; 37 E	0,57	0,92	355	10:14
22	16-Feb-1627	Híbrido	72 S; 131 W	-0,91	1,00	34	0:15	56	23-Feb-2240	Anular	25 N; 83 W	0,59	0,92	356	9:41
23	26-Feb-1645	Híbrido	67 S; 94 E	-0,90	1,00	34	0:17	57	6-Mar-2258	Anular	30 N; 159 E	0,61	0,92	359	9:04
24	9-Mar-1663	Híbrido	61 S; 37 W	-0,87	1,00	35	0:21	58	16-Mar-2276	Anular	36 N; 42 E	0,64	0,92	362	8:23
25	20-Mar-1681	Híbrido	54 S; 165 W	-0,84	1,00	37	0:26	59	27-Mar-2294	Anular	43 N; 73 W	0,68	0,92	370	7:42
26	31-Mar-1699	Híbrido	47 S; 70 E	-0,81	1,00	38	0:32	60	7-Abr-2312	Anular	51 N; 175 E	0,72	0,92	385	7:00
27	11-Abr-1717	Híbrido	40 S; 52 W	-0,77	1,00	39	0:39	61	19-Abr-2330	Anular	59 N; 63 E	0,77	0,93	412	6:19
28	23-Abr-1735	Híbrido	32 S; 17 W	-0,72	1,00	38	0:44	62	29-Abr-2348	Anular	68 N; 49 W	0,83	0,93	466	5:40
29	3 May-1753	Híbrido	25 S; 73 E	-0,66	1,00	36	0:48	63	10 May-2366	Anular	78 N; 170 W	0,90	0,93	583	5:03
30	14 May-1771	Híbrido	18 S; 40 W	-0,60	1,00	33	0:49	64	21 May-2384	Anular	81 N; 1 W	0,97	0,93	1115	4:28
31	24 May-1789	Híbrido	11 S; 151 W	-0,53	1,00	28	0:46	65	1-Jun-2402	Parcial	68 N; 136 W	1,04	0,88		
32	6-Jun-1807	Híbrido	5 S; 100 E	-0,46	1,00	21	0:38	66	11-Jun-2420	Parcial	67 N; 116 E	1,13	0,74		
33	16-Jun-1825	Híbrido	1 N; 6 W	-0,38	1,00	13	0:25	67	22-Jun-2438	Parcial	66 N; 8 E	1,21	0,60		
34	27-Jun-1843	Híbrido	6 N; 111 W	-0,30	1,00	4	0:07	68	3-Jul-2456	Parcial	65 N; 98 W	1,29	0,46		
								69	14-Jul-2474	Parcial	64 N; 156 E	1,38	0,31		
								70	24-Jul-2492	Parcial	63 N; 50 E	1,46	0,17		
								71	6-Ago-2510	Parcial	63 N; 57 W	1,54	0,03		

(*)El borde sur de la sombra no toca la Tierra.

Referencias:

Columna 1: número de orden

Columna 2: fecha de ocurrencia

Columna 3: tipo de eclipse

Columna 4: coordenadas (φ ; λ) del lugar donde se produce el máximo

Columna 5: mínima distancia del eje del cono de sombra al centro de la Tierra en radios terrestres

Columna 6: magnitud del eclipse (fracción del diámetro aparente del Sol cubierto por la Luna)

Columna 7: ancho máximo del camino recorrido por la sombra de la Luna en km

Columna 8: duración máxima del eclipse en segundos

La tabla es una guía simplificada de la serie saros 134, con el único objeto de dar una idea general de su composición. Información más amplia pueden consultarse en las siguientes páginas web:

<https://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEsaros/SEsaros134.html> (NASA)

<https://www.eclipsewise.com/lunar/LEsaros/LEsaros134.html> (Fred Espenak)

https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_Saros_134 (Wikipedia)

EL ECLIPSE EN LA REPUBLICA ARGENTINA

Para la República Argentina el fenómeno tendrá lugar en horas de la tarde. Dependiendo del lugar, el comienzo del eclipse ocurrirá, aproximadamente, entre las 18:15 UT (en el extremo NO de Jujuy) y las 19:30 UT¹⁹ (en el NO de Neuquén, S de La Pampa y S de Buenos Aires). El final ocurrirá, aproximadamente, entre las 19:40 UT (en el NO de Neuquén, S de La Pampa y S de Buenos Aires) y las 20:45 UT²⁰ en el N de Formosa y Misiones). Las curvas de comienzo y fin del eclipse, figs. 16 y 17, respectivamente, muestran que el eclipse será visible sólo en la mitad norte del territorio argentino, y no será visible en las provincias patagónicas. Una idea *aproximada* de la magnitud que alcanzará el eclipse en la República Argentina puede verse en la siguiente tabla:

Buenos Aires (La Plata)	0.13	Mendoza	0.13
CABA	0.13	Misiones (Posadas)	0.36
Catamarca (San Fernando)	0.28	<i>Neuquén</i>
Córdoba	0.20	<i>Río Negro (Viedma)</i>
Corrientes	0.34	Salta	0.39
Chaco (Resistencia)	0.34	San Juan	0.17
<i>Chubut (Rawson)</i>	San Luis	0.13
Entre Ríos (Paraná)	0.21	<i>Santa Cruz (Río Gallegos)</i>
Formosa	0.39	Santa Fe	0.21
Jujuy (San Salvador)	0.40	Santiago del Estero	0.31
La Pampa (Santa Rosa)	0.05	<i>Tierra del Fuego (Ushuaia)</i>
La Rioja	0.24	Tucumán (San Miguel)	0.33

Los números de la tabla anterior indican la magnitud *aproximada* del evento para las localidades allí señaladas (capitales de las provincias), como fracción del diámetro solar cubierto por la Luna. Por ejemplo, para la ciudad de San Juan la magnitud será de 0.17 o 17 % del diámetro del Sol tapado por la Luna. El mayor cubrimiento ocurrirá en el norte del país (Jujuy, Salta y Formosa), con un poco menos del 50%. La magnitud irá decreciendo hacia el sur, hasta llegar al límite de visibilidad (magnitud = 0) en el NO de Neuquén, S de La Pampa y S de Buenos Aires (fig. 18).

El eclipse no es visible desde las localidades en color gris claro con puntos suspensivos.

¹⁹ 15:15 y 16:30, Hora Oficial Argentina, respectivamente.

²⁰ 16:40 y 17:45 Hora Oficial Argentina, respectivamente

ISOCRONAS DE COMIENZO DEL ECLIPSE PARA LA REPÚBLICA ARGENTINA
(y países vecinos)

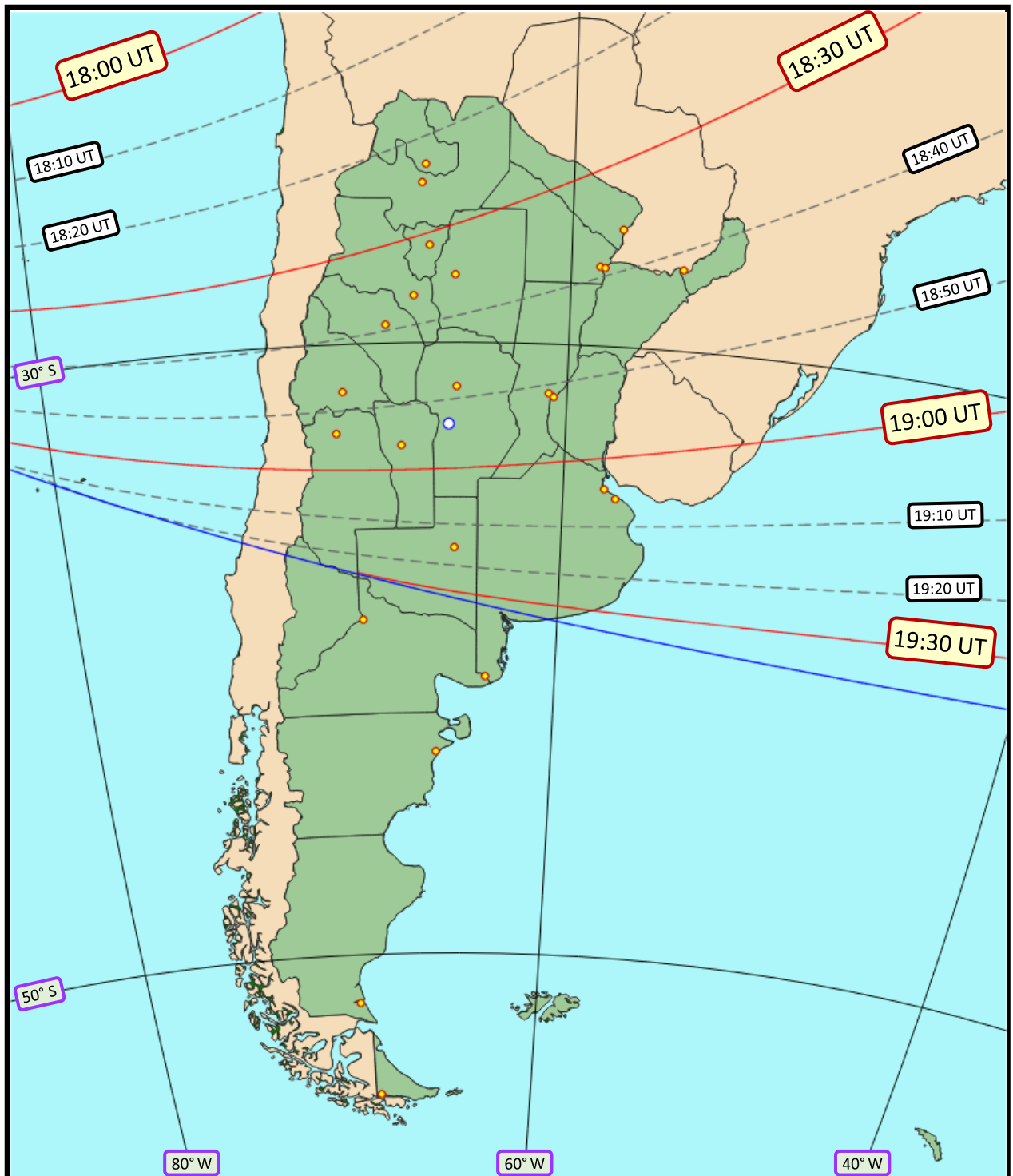


Fig. 16: Las curvas trazadas sobre el mapa unen los lugares donde el eclipse comienza a la misma hora. Están dibujadas en intervalos de 10 minutos. Las horas *enteras* se indican en un rectángulo rojo con fondo amarillo, y las horas intermedias en un rectángulo negro con fondo blanco. Los círculos rojos con fondo anaranjado simbolizan las capitales de las provincias. El círculo azul y blanco en el centro del mapa, al sur de la ciudad de Córdoba, marca la localidad de Alcira Gigena, identificada como el centro geográfico de la República Argentina, de acuerdo con el método utilizado por Alejandro Tiraboschi en la Revista de Educación Matemática, volumen 33, Nro. 2 (2018), páginas 23 - 40 / Unión Matemática Argentina - FAMAF (UNC).

ISOCRONAS DE FIN DEL ECLIPSE PARA LA REPÚBLICA ARGENTINA
(y países vecinos)

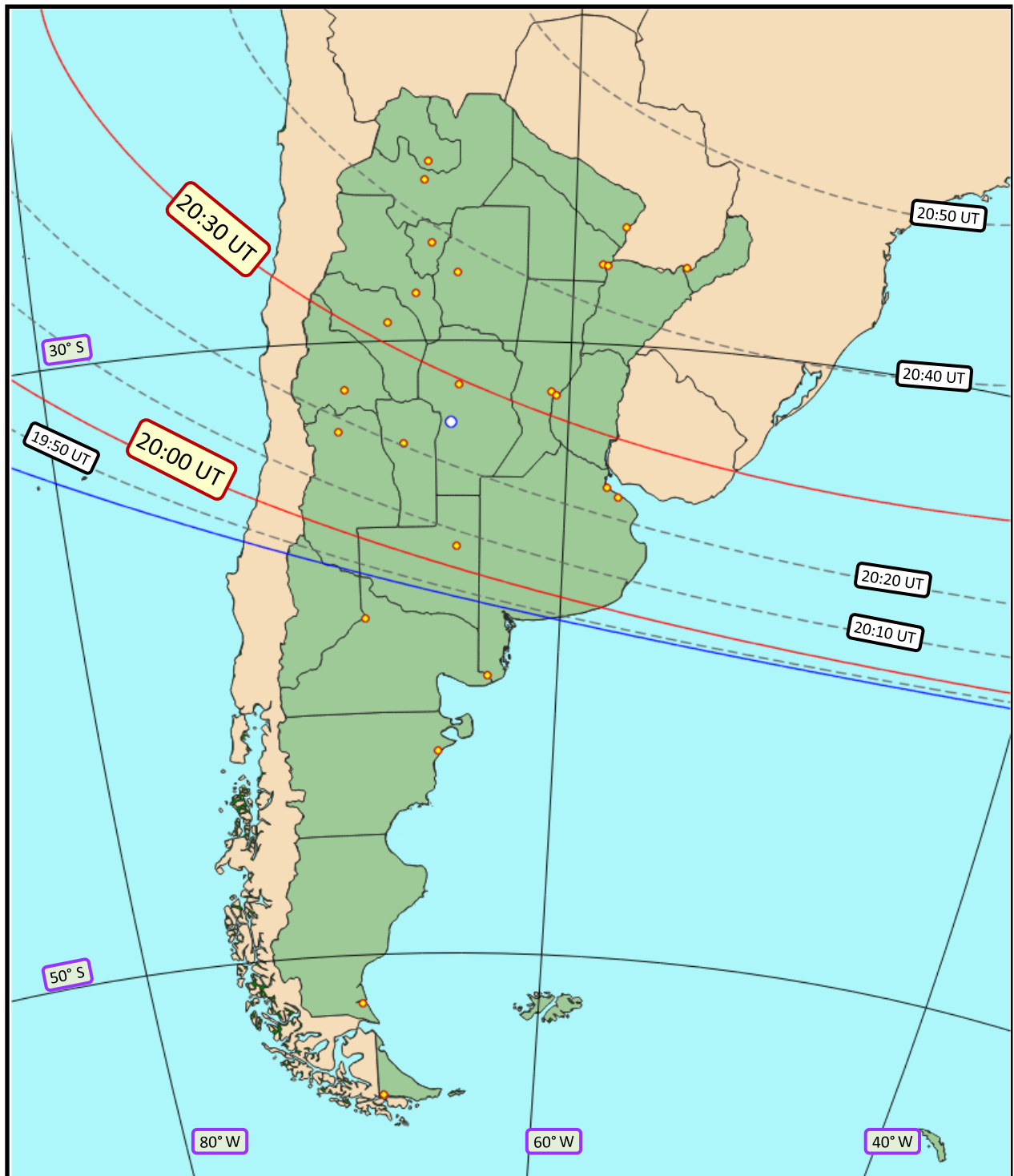


Fig. 17: Las curvas trazadas sobre el mapa unen los lugares donde el eclipse termina a la misma hora. Están dibujadas en intervalos de 10 minutos. Las horas *enteras* se indican en un rectángulo rojo con fondo amarillo, y las horas intermedias en un rectángulo negro con fondo blanco. Los círculos rojos con fondo anaranjado simbolizan las capitales de las provincias. El círculo azul y blanco en el centro del mapa, al sur de la ciudad de Córdoba, marca la localidad de Alcira Gigena, identificada como el centro geográfico de la República Argentina, de acuerdo con el método utilizado por Alejandro Tiraboschi en la Revista de Educación Matemática, volumen 33, Nro. 2 (2018), páginas 23 - 40 / Unión Matemática Argentina - FAMAf (UNC).

**CURVAS DE ISOMAGNITUD DEL ECLIPSE PARA LA REPÚBLICA ARGENTINA
(y países vecinos)**

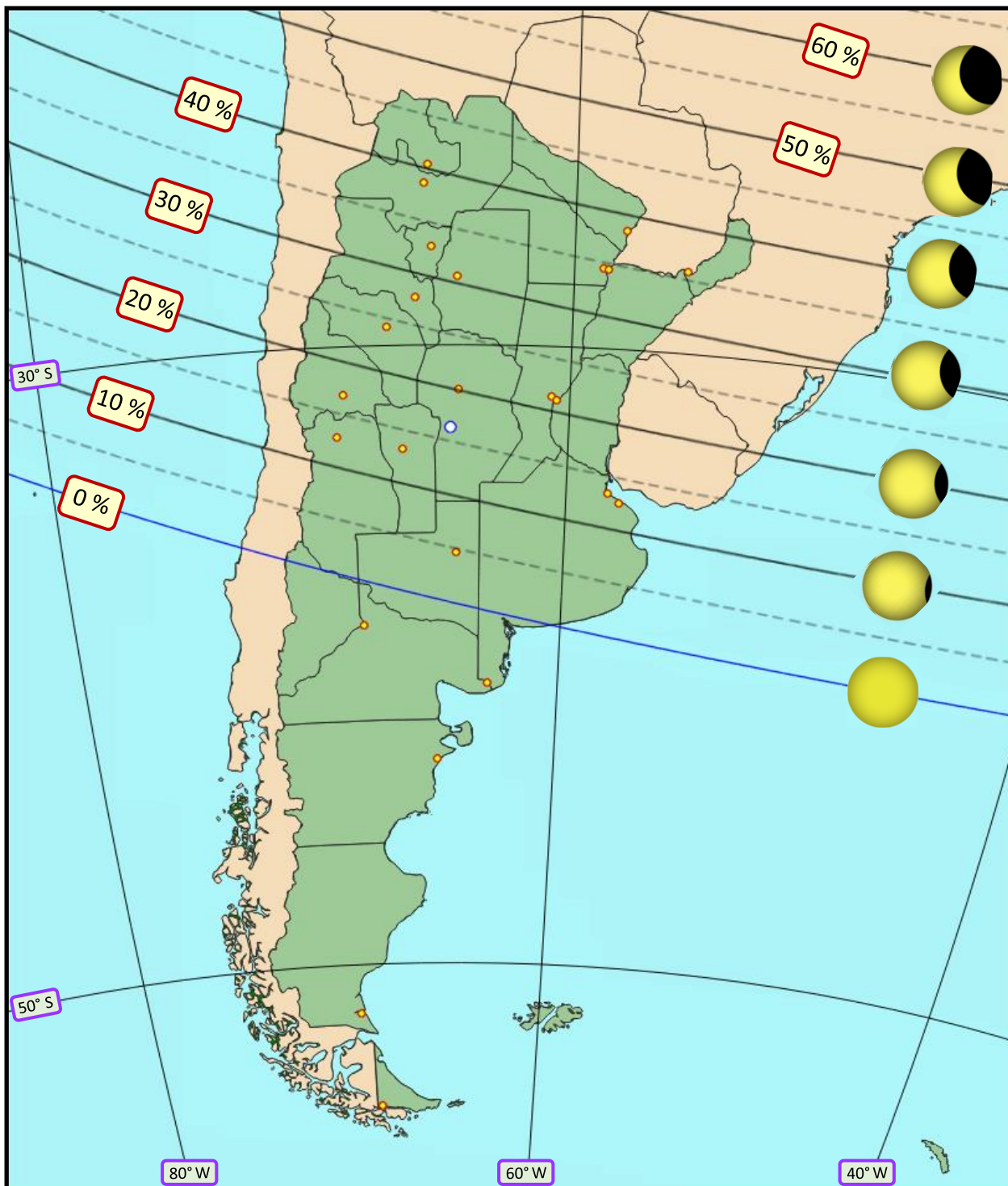


Fig. 18: Las curvas dibujadas sobre el mapa unen los lugares donde el eclipse alcanza la misma magnitud. Las curvas de isomagnitud están separadas en intervalos de 5 %, pero rotuladas sólo cada 10%. A la derecha del mapa, una pequeña figura del Sol eclipsado muestra, aproximadamente, cómo se experimentará el eclipse desde los lugares situados sobre la línea de referencia.

**PRÓXIMOS ECLIPSES TOTALES O ANULARES
VISIBLES DESDE EL TERRITORIO CONTINENTAL DE LA REPÚBLICA ARGENTINA**

Los eclipses de Sol que tendrán lugar en los próximos 25 años, y en los que la Luna proyectará su **sombra o *antisombra* sobre territorio argentino**, es decir, los eclipses totales o anulares visibles como tal desde la Argentina, son los siguientes:

Miércoles 02 de octubre de 2024: **Anular**

Se verá en horas de la tarde. La *antisombra* pasará por la provincia de Santa Cruz, en la Patagonia, en la región comprendida al norte del Chaltén y Puerto Deseado, y al sur del Lago Gral. Carrera y el límite Sur del Golfo San Jorge. Duración de la fase anular en Puerto San Julián 5m13s.

Sábado 06 de febrero de 2027: **Anular**

Se verá en horas de la mañana cercanas al mediodía. La *antisombra* cruzará el territorio argentino por el norte de Chubut, sur de Río Negro y sur de Buenos Aires a lo largo de una franja de 300 km centrada en una línea que une la ciudad de Esquel con la de Mar del Plata. Duración de la fase anular en Esquel y Mar del Plata, aprox. 7m35s.

Martes 12 de septiembre de 2034: **Anular**

Se verá en el norte del país en horas de la tarde, cercanas al mediodía. La *antisombra* cruzará por el norte de Jujuy, centro de Salta, región limítrofe entre Formosa y Chaco, norte de Corrientes y extremo sur de Misiones.

Sábado 05 de diciembre de 2048: **Total**

Se verá a partir del mediodía. La sombra *caminará* por la provincia de Chubut, cubriendo la mitad norte del Golfo de San Jorge hasta la región del Alto Río Senguer. Duración del eclipse total en Puerto Visser: 3m22s

OTROS ECLIPSES VISIBLES DESDE LA PARTE CONTINENTAL DE LA ARGENTINA

En el mismo periodo cubierto por los eclipses totales o anulares detallados en la página anterior, otros dieciséis eclipses, pero de tipo parcial o visibles sólo en la fase parcial, podrán también observarse desde la parte continental argentina. Tendrán lugar en las fechas indicadas a continuación, además del tipo de eclipse y la región de visibilidad en la Argentina:

Martes 17 de febrero de 2026: **Anular en la Antártida**

Visible sólo en Tierra del Fuego y extremo sur de Santa Cruz

Miércoles 26 de enero de 2028: **Anular en el norte de América del Sur**

Visible al norte de una línea que une el extremo norte de Neuquén con la Bahía Samborombón

Miércoles 11 de julio de 2029: **Parcial**

Visible al sur de una línea que une el norte de Neuquén con el sur de la provincia de Buenos Aires (Bahía Unión)

Miércoles 5 de diciembre de 2029: **Parcial**

Visible sólo en Tierra del Fuego y extremo sur de Santa Cruz

Domingo 9 de mayo de 2032: **Anular en el Océano Atlántico Sur**

Visible al sur de una línea que une el norte de San Juan con el extremo noreste de Formosa

Viernes 23 de septiembre de 2033: **Parcial**

Visible en todo el territorio argentino, excepto norte de Jujuy y mitad norte de Formosa

Sábado 10 de marzo de 2035: **Anular en Océano Pacífico Sur**

Visible apenas rasado el extremo suroeste de Santa Cruz.

Viernes 2 de julio de 2038: **Anular en el extremo norte de Sudamérica y norte de África**

Visible en el extremo noroeste de la Argentina (Salta y Jujuy)

Miércoles 15 de diciembre de 2039: **Total en la Antártida**

Visible en el sur de la Argentina, en Santa Cruz y Tierra del Fuego.

Martes 30 de abril de 2041: **Total en el Océano Atlántico, centro de África y Océano Índico**

Visible en la mitad este de la Argentina, desde el extremo sur de Buenos Aires hasta el noroeste de Formosa.

Sábado 12 de agosto de 2045: **Total en EEUU, Caribe, Guyanas y extremo NE de Brasil**

Visible en las provincias del norte de la Argentina.

Martes 17 de diciembre de 2047: **Parcial**

Visible en la Patagonia, al sur de la provincia de Chubut.

-Página en blanco-

PLANILLAS DE CIRCUNSTANCIAS LOCALES

Para el encabezamiento y contenido de las distintas columnas que conforman estas planillas, son de aplicación los comentarios y símbolos siguientes:

Localidades y coordenadas geográficas: Fueron tomadas de

Google Earth y Google Maps

Wikipedia

Las longitudes se miden positivas al E, de acuerdo con la convención actualmente en uso (Trans. I.A.U. 18 B, 72, 1983)

Los nombres de las localidades indicadas en la planilla y en el texto no representan un reconocimiento implícito a su situación de legalidad y sólo deben ser consideradas con fines de identificación.

U.T. : Tiempo Universal, o tiempo del meridiano de Greenwich

Mg. : Magnitud del eclipse, o máximo cubrimiento del diámetro solar por la Luna.

Ac : Acimut del Sol, medido a partir de la dirección N, con sentido positivo hacia el E.

h : Altura del Sol sobre el horizonte.

P y V: Ángulos de posición en que se producen los contactos de la Luna con el Sol, al comienzo y fin de cada fase. Ambos se miden en el centro del disco aparente del Sol, en sentido antihorario.

P se mide a partir de la dirección N, definida por el arco de círculo máximo que une el polo celeste con el centro del disco solar.

V se mide a partir de la dirección al vértex, definida por el arco de círculo máximo que une el cenit con el centro del disco solar.

Eclipse anular de Sol - 14 de octubre de 2023

Circunstancias locales para la República Argentina

LOCALIDAD	C O O R D E N A D A S			COMIENZO DEL ECLIPSE						
	Long.	Lat.	hsm	UT	h	Ac	P	V		
ARGENTINA										
CABA (Capital Federal)	-58 24	-34 37	19	19	3	1	37	287	2	235
BUENOS AIRES										
Bragado	-60°29'	-35° 7'	62m	19h	4m50s	38°	289°	6°	237°	
Cañuelas	-58 46	-35 3	34	19	4	57	36	287	4	236
Carhué	-62 46	-37 11	109	19	18	9	36	289	17	246
Chascomús	-58 1	-35 34	13	19	7	39	35	287	5	237
Chivilcoy	-60 1	-34 54	60	19	3	52	38	288	4	236
Gral. Villegas	-63 1	-35 2	114	19	4	6	40	291	8	238
Junín	-60 57	-34 35	81	19	2	9	39	289	4	236
La Plata	-57 57	-34 55	18	19	4	35	36	287	3	235
Las Flores	-59 6	-36 1	38	19	9	46	35	287	8	239
Lobos	-59 6	-35 11	30	19	5	29	37	288	5	237
Luján	-59 7	-34 34	23	19	2	35	37	288	3	235
Mar del Plata	-57 33	-38 0	18	19	22	54	31	285	16	246
Olavarría	-60 19	-36 54	170	19	15	7	35	288	13	243
Pehuajó	-61 54	-35 49	91	19	8	28	38	290	9	240
Pergamino	-60 34	-33 53	71	18	59	4	39	289	2	234
CATAMARCA										
Andagalá	-66 19	-27 35	1082	18	31	52	52	294	351	226
Belén	-67 2	-27 39	1261	18	31	36	52	294	352	226
San Fernando del Valle	-65 47	-28 28	529	18	35	21	50	293	352	227
Tinogasta	-67 34	-28 4	1213	18	32	44	52	295	353	227
CHACO										
Gral. Pinedo	-61 17	-27 20	97	18	35	10	47	288	346	224
Gral. San Martín	-59 20	-26 32	81	18	34	40	46	286	343	223
Pres. Roque Sáenz Peña	-60 26	-26 47	94	18	34	20	47	287	344	224
Resistencia	-58 59	-27 27	58	18	37	37	44	286	345	224
Villa Ángela	-60 43	-27 35	79	18	36	26	46	288	346	224
CÓRDOBA										
Arroyito	-63 3	-31 25	155	18	47	53	44	291	357	230
Córdoba	-64 11	-31 25	403	18	47	20	45	292	358	231
Cruz del Eje	-64 49	-30 43	465	18	44	17	47	293	357	230
Jesús María	-64 6	-30 59	533	18	45	39	46	292	357	230
La Carlota	-63 18	-33 25	148	18	56	7	42	291	3	234
La Cumbrecita	-64 46	-31 54	1356	18	49	3	45	293	360	232
La Para	-62 60	-30 54	92	18	45	54	45	291	355	229
Laboulaye	-63 23	-34 8	143	18	59	26	41	291	5	236
Marcos Juárez	-62 6	-34 42	118	19	2	27	40	290	6	237
Morteros	-62 0	-30 43	101	18	45	49	44	290	354	229
Río Cuarto	-64 21	-33 7	449	18	54	30	43	292	3	234
Río Tercero	-64 7	-32 11	387	18	50	27	44	292	360	232
San Francisco	-62 5	-31 26	123	18	48	24	43	290	356	230
Villa Gral. Belgrano	-64 34	-31 59	708	18	49	29	45	293	360	232
Villa Dolores	-65 11	-31 57	523	18	49	4	46	293	0	232
Villa María	-63 15	-32 25	205	18	51	46	43	291	360	232
CORRIENTES										
Corrientes	-58 50	-27 29	60	18	37	50	44	286	344	224
Curuzú Cuatiá	-58 3	-29 47	80	18	45	28	41	286	349	226
Esquina	-59 32	-30 1	43	18	45	5	43	288	351	227
Goya	-59 16	-29 9	43	18	42	29	43	287	348	226
Ituzaingó	-56 41	-27 35	79	18	40	8	42	285	343	223
La Cruz	-56 38	-29 11	73	18	44	44	40	285	347	225
Paso de los Libres	-57 5	-29 43	78	18	45	59	40	286	348	226
ENTRE RÍOS										
Bella Vista	-59 3	-28 30	69	18	40	43	43	287	347	225
Concordia	-58 1	-31 24	31	18	50	45	40	287	353	229
Federal	-58 47	-30 57	67	18	48	45	41	287	352	228
Gualeduay	-59 19	-33 9	15	18	56	30	39	288	358	232
Gualeduaychú	-58 31	-33 0	14	18	56	19	39	287	357	231
La Paz	-59 39	-30 44	47	18	47	26	42	288	352	228
Nogoyá	-59 48	-32 23	47	18	53	18	40	288	357	231
Paraná	-60 31	-31 44	67	18	50	28	42	289	356	230

Eclipse anular de Sol - 14 de octubre de 2023

Circunstancias locales para la República Argentina

LOCALIDAD	MAXIMO DEL ECLIPSE				FIN DEL ECLIPSE					
	UT	Mg.	h	Ac	UT	h	Ac	P	V	
CIUDAD AUTÓNOMA DE BUENOS AIRES										
CABA	19 43 56	0.134	28	280	20 22 23	21	274	61	297	
BUENOS AIRES										
Bragado	19h42m36s	0.111	30°	282°	20h18m16s	23°	276°	58°	294°	
Cañuelas	19 43 43	0.120	29	281	20 20 15	21	275	59	294	
Carhué	19 41 4	0.040	32	285	20 3 6	28	281	48	280	
Chascomús	19 44 8	0.107	28	280	20 18 38	21	275	57	292	
Chivilcoy	19 42 55	0.119	30	281	20 19 43	22	276	59	295	
Gral. Villegas	19 40 51	0.101	33	284	20 15 39	26	278	58	293	
Junín	19 42 17	0.124	31	282	20 20 4	23	276	60	296	
La Plata	19 44 12	0.126	28	280	20 21 30	20	274	59	295	
Las Flores	19 43 28	0.090	29	281	20 15 27	22	276	55	290	
Lobos	19 43 30	0.114	29	281	20 19 22	22	275	58	294	
Luján	19 43 30	0.133	29	281	20 21 56	21	275	61	297	
Mar del Plata	19 44 9	0.036	27	281	20 4 34	23	278	46	278	
Olavarría	19 42 40	0.059	30	283	20 9 0	25	278	51	284	
Pehuajó	19 41 40	0.084	31	284	20 13 14	25	278	55	289	
Pergamino	19 42 30	0.147	31	281	20 23 12	22	275	63	299	
CATAMARCA										
Andagalá	19 35 60	0.299	38	282	20 34 35	25	274	79	322	
Belén	19 35 19	0.292	39	282	20 33 38	26	274	78	321	
San Fernando del Valle	19 36 55	0.277	37	282	20 33 21	25	274	77	319	
Tinogasta	19 34 59	0.276	39	283	20 32 8	27	275	77	320	
CHACO										
Gral. Pinedo	19 40 33	0.338	33	278	20 39 46	20	271	80	324	
Gral. San Martín	19 41 53	0.370	31	276	20 42 28	17	269	82	326	
Pres. Roque Sáenz Peña	19 41 4	0.358	32	277	20 41 19	19	270	81	325	
Resistencia	19 42 29	0.345	30	277	20 41 9	17	270	80	323	
Villa Ángela	19 41 7	0.333	32	278	20 39 45	19	271	79	323	
CÓRDOBA										
Arroyito	19 40 18	0.208	34	282	20 28 51	23	275	69	309	
Córdoba	19 39 22	0.201	35	283	20 27 38	25	275	69	308	
Cruz del Eje	19 38 38	0.218	36	283	20 28 56	25	275	71	311	
Jesús María	19 39 20	0.215	35	282	20 29 0	24	275	70	310	
La Carlota	19 40 28	0.147	33	283	20 22 3	25	277	63	300	
La Cumbrecita	19 39 1	0.184	35	283	20 25 32	26	276	68	306	
La Para	19 40 12	0.223	34	281	20 30 23	23	274	71	311	
Laboulaye	19 40 29	0.126	33	284	20 19 9	25	277	61	297	
Marcos Juárez	19 41 29	0.116	32	283	20 18 18	24	277	59	295	
Morteros	19 40 57	0.234	33	281	20 31 48	22	273	72	312	
Río Cuarto	19 39 36	0.150	34	284	20 21 52	26	277	64	301	
Río Tercero	19 39 35	0.179	34	283	20 25 24	25	276	67	305	
San Francisco	19 41 4	0.213	33	281	20 29 47	22	274	70	309	
Villa Gral. Belgrano	19 39 12	0.182	35	283	20 25 29	25	276	68	306	
Villa Dolores	19 38 39	0.180	36	284	20 24 51	26	277	67	306	
Villa María	19 40 21	0.177	34	283	20 25 37	24	276	67	305	
CORRIENTES										
Corrientes	19 42 37	0.345	30	277	20 41 12	17	269	80	323	
Curuzú Cuatiá	19 43 45	0.279	29	277	20 37 1	17	270	74	315	
Esquina	19 42 43	0.266	30	278	20 35 31	19	271	74	315	
Goya	19 42 44	0.293	30	278	20 37 40	18	271	76	318	
Ituzaingó	19 44 15	0.349	28	275	20 42 11	15	268	79	323	
La Cruz	19 44 37	0.302	28	276	20 39 9	16	269	76	317	
Paso de los Libres	19 44 25	0.285	28	277	20 37 46	16	270	74	316	
ENTRE RÍOS										
Bella Vista	19 42 44	0.313	30	277	20 39 7	18	270	77	320	
Concordia	19 44 1	0.231	29	278	20 33 7	18	271	70	310	
Federal	19 43 26	0.241	29	278	20 33 45	19	272	71	311	
Gualeguay	19 43 19	0.174	30	280	20 26 56	21	273	65	303	
Gualeguaychú	19 43 50	0.181	29	279	20 28 1	20	273	66	303	
La Paz	19 42 47	0.244	30	279	20 33 40	19	272	72	312	
Nogoyá	19 42 55	0.195	30	280	20 28 58	21	273	67	306	
Paraná	19 42 19	0.211	31	280	20 30 17	21	273	69	308	

Eclipse anular de Sol - 14 de octubre de 2023

Circunstancias locales para la República Argentina

LOCALIDAD	C O O R D E N A D A S			COMIENZO DEL ECLIPSE					
	Long.	Lat.	hsm	UT	h	Ac	P	V	
FORMOSA									
Formosa	-58°10'	-26°11'	68m	18h34m50s	45°	285°	341°	222°	
Pirané	-59 7	-25 44	86	18 32 39	46	286	341	222	
JUJUY									
Calilegua	-64 46	-23 46	467	18 21 2	54	290	342	222	
Humahuaca	-65 21	-23 12	2950	18 18 44	55	290	342	222	
La Quiaca	-65 36	-22 6	3455	18 15 12	57	290	340	222	
San Pedro	-64 52	-24 14	591	18 22 18	54	290	343	223	
San Salvador	-65 18	-24 11	1274	18 21 43	54	291	343	223	
LA PAMPA									
Bernasconi	-63 45	-37 54	164	19 26 58	35	289	24	253	
Gral. Pico	-63 45	-35 40	142	19 7 43	40	291	11	241	
Huinca Renancó	-64 23	-34 50	186	19 3 2	41	292	8	238	
Lihuel Calel	-65 35	-38 1	392	19 38 16	34	288	33	262	
Santa Rosa	-64 17	-36 37	181	19 14 29	38	291	16	245	
LA RIOJA									
Chamical	-66 19	-30 22	469	18 42 7	48	294	357	230	
Chepes	-66 35	-31 20	655	18 46 1	48	295	360	232	
Chilecito	-67 30	-29 10	1098	18 36 53	51	295	356	228	
Corral de Isaac	-66 22	-31 56	510	18 48 39	47	294	1	233	
Desiderio Tello	-66 19	-31 13	613	18 45 35	47	294	359	231	
La Rioja	-66 51	-29 25	502	18 38 10	50	295	355	229	
Mascasín	-66 59	-31 24	439	18 46 6	48	295	0	232	
Ulapés	-66 14	-31 34	410	18 47 7	47	294	0	232	
MENDOZA									
Gral. Alvear	-67 42	-34 59	477	19 4 32	43	295	13	241	
La Paz	-67 33	-33 28	512	18 55 44	46	295	7	237	
Malargüe	-69 35	-35 28	1415	19 9 24	44	296	18	246	
Mendoza	-68 51	-32 53	758	18 52 50	47	297	7	236	
San Rafael	-68 20	-34 37	702	19 2 30	44	295	12	241	
Tunuyán	-69 1	-33 35	886	18 56 34	46	297	9	238	
MISIONES									
Apóstoles	-55 45	-27 55	175	18 41 54	41	284	343	223	
Bernardo de Irigoyen	-53 39	-26 16	808	18 39 37	40	282	339	221	
Campo Grande	-54 59	-27 12	436	18 40 43	40	283	341	223	
Cataratas del Iguazú	-54 27	-25 41	147	18 37 21	41	282	338	221	
Concepción de la Sierra	-55 31	-27 59	171	18 42 17	40	284	343	223	
El Dorado	-54 38	-26 24	224	18 38 59	41	282	340	222	
El Soberbio	-54 12	-27 18	151	18 41 41	39	282	341	222	
Esperanza	-54 37	-26 1	203	18 38 2	41	282	339	221	
Leandro N. Alem	-55 19	-27 36	296	18 41 27	40	283	342	223	
Montecarlo	-54 46	-26 34	209	18 39 16	41	283	340	222	
Oberá	-55 7	-27 29	342	18 41 19	40	283	342	223	
Posadas	-55 54	-27 22	122	18 40 16	41	284	342	223	
Puerto Iguazú	-54 35	-25 36	183	18 37 2	41	282	338	221	
Puerto Rico	-55 1	-26 48	169	18 39 37	41	283	341	222	
San Ignacio	-55 32	-27 15	152	18 40 19	41	283	342	223	
San Javier	-55 8	-27 53	98	18 42 21	40	283	343	223	
San Pedro	-54 7	-26 37	552	18 40 3	40	282	340	222	
Santa Ana	-55 35	-27 22	165	18 40 34	41	284	342	223	
NEUQUÉN									
Barrancas	-69 55	-36 49	1128	19 26 6	40	293	29	257	
Coyuco-Cochico	-70 13	-36 29	1568	19 21 13	41	295	26	253	
Manzano Amargo	-70 46	-36 45	1260	19 29 40	40	293	32	260	
SALTA									
Cafayate	-65 59	-26 4	1625	18 27 3	53	293	348	224	
Rivadavia	-62 53	-24 11	209	18 24 17	52	288	341	222	
Rosario de la Frontera	-64 58	-25 48	789	18 27 3	52	291	346	224	
Salta	-65 26	-24 47	1183	18 23 27	54	291	345	223	
San Antonio de los Cobres	-66 19	-24 13	3758	18 20 49	55	292	344	223	
San Ramón de la Nueva Orán	-64 19	-23 8	355	18 19 37	54	289	341	222	
Socompa 2	-65 22	-24 49	1202	18 23 35	54	291	345	223	

Eclipse anular de Sol - 14 de octubre de 2023

Circunstancias locales para la República Argentina

LOCALIDAD	MAXIMO DEL ECLIPSE				FIN DEL ECLIPSE				
	UT	Mg.	h	Ac	UT	h	Ac	P	V
FORMOSA									
Formosa	19h42m43s	0.386	30°	276°	20h43m43s	16°	269°	82°	327°
Pirané	19 41 47	0.395	31	276	20 43 50	17	269	83	329
JUJUY									
Calilegua	19 35 25	0.420	38	278	20 42 9	22	271	87	335
Humahuaca	19 34 28	0.433	38	278	20 42 19	23	271	88	337
La Quiaca	19 33 25	0.463	39	277	20 43 15	23	270	91	340
San Pedro	19 35 36	0.407	37	278	20 41 29	23	271	86	333
San Salvador	19 35 8	0.405	38	279	20 41 9	23	271	86	333
LA PAMPA									
Bernasconi	19 40 22	0.013	33	286	19 53 21	30	284	42	273
Gral. Pico	19 40 21	0.079	33	285	20 11 25	27	280	55	289
Huinca Renancó	19 39 49	0.100	34	285	20 14 41	27	279	58	293
Lihuel Calel	19 39 5	0.000	34	288	19 39 34	34	288	34	263
Santa Rosa	19 40 0	0.048	33	286	20 4 29	29	282	50	283
LA RIOJA									
Chamical	19 37 10	0.219	37	284	20 28 9	26	276	72	312
Chepes	19 37 16	0.188	37	285	20 24 57	27	277	69	308
Chilecito	19 35 35	0.245	39	284	20 29 43	27	276	74	316
Corral de Isaac	19 37 38	0.172	37	285	20 23 22	27	278	67	305
Desiderio Tello	19 37 28	0.194	37	284	20 25 42	27	277	69	308
La Rioja	19 36 18	0.243	38	283	20 29 55	27	276	74	315
Mascasín	19 36 55	0.184	38	285	20 24 16	28	277	69	307
Ulapés	19 37 38	0.184	37	284	20 24 42	27	277	68	307
MENDOZA									
Gral. Alvear	19 37 11	0.075	37	288	20 8 20	31	282	56	290
La Paz	19 37 0	0.120	37	287	20 15 57	30	280	62	298
Malargüe	19 35 41	0.047	39	290	20 0 58	34	285	52	284
Mendoza	19 35 42	0.127	39	288	20 16 7	31	281	63	300
San Rafael	19 36 35	0.081	38	288	20 9 3	31	283	57	291
Tunuyán	19 35 45	0.106	39	288	20 12 52	31	282	61	296
MISIONES									
Apóstoles	19 44 59	0.343	27	275	20 42 3	14	268	78	322
Bernardo de Irigoyen	19 46 1	0.398	25	273	20 45 37	12	266	82	327
Campo Grande	19 45 21	0.366	26	274	20 43 37	13	267	80	324
Cataratas del Iguazú	19 45 19	0.413	26	273	20 46 11	12	267	83	329
Concepción de la Sierra	19 45 9	0.341	27	275	20 42 2	14	268	78	321
El Dorado	19 45 23	0.391	26	274	20 45 2	13	267	82	326
El Soberbio	19 45 53	0.366	25	274	20 43 46	12	267	80	323
Esperanza	19 45 18	0.402	26	273	20 45 37	12	267	83	328
Leandro N. Alem	19 45 12	0.353	26	275	20 42 48	14	268	79	323
Montecarlo	19 45 20	0.386	26	274	20 44 44	13	267	81	326
Oberá	19 45 19	0.357	26	274	20 43 5	13	268	79	323
Posadas	19 44 45	0.359	27	275	20 42 57	14	268	80	323
Puerto Iguazú	19 45 13	0.415	26	273	20 46 14	12	267	83	329
Puerto Rico	19 45 13	0.378	26	274	20 44 15	13	267	81	325
San Ignacio	19 44 59	0.363	27	275	20 43 18	14	268	80	324
San Javier	19 45 23	0.346	26	275	20 42 23	14	268	78	322
San Pedro	19 45 48	0.386	25	273	20 44 54	12	267	81	326
Santa Ana	19 44 58	0.360	27	275	20 43 5	14	268	80	323
NEUQUÉN									
Barrancas	19 35 38	0.006	38	291	19 44 51	37	290	41	271
Coyuco-Cochico	19 35 20	0.014	39	292	19 49 00	36	289	44	274
Manzano Amargo	19 34 54	0.002	39	292	19 39 54	38	291	38	267
SALTA									
Cafayate	19 35 34	0.346	38	280	20 37 42	24	273	82	327
Rivadavia	19 37 36	0.421	35	277	20 43 17	20	270	87	334
Rosario de la Frontera	19 36 25	0.360	37	280	20 39 9	23	272	83	328
Salta	19 35 22	0.387	38	279	20 40 12	23	272	85	331
San Antonio de los Cobres	19 34 6	0.397	39	279	20 40 8	24	272	86	333
San Ramón de la Nueva Orán	19 35 29	0.442	37	277	20 43 18	22	270	89	337
Socompa	19 35 27	0.386	38	279	20 40 13	23	272	85	331

Eclipse anular de Sol - 14 de octubre de 2023

Circunstancias locales para la República Argentina

LOCALIDAD	C O O R D E N A D A S			COMIENZO DEL ECLIPSE					
	Long.	Lat.	hsnm	UT	h	Ac	P	V	
SAN JUAN									
Barreal	-69°28'	-31°39'	1641m	18h46m42s	49°	297°	4°	234°	
Bella Vista	-69 15	-30 26	1924	18 41 18	51	297	0	231	
Bermejo	-67 40	-31 35	571	18 46 46	48	296	2	233	
Calingasta	-69 25	-31 20	1370	18 45 16	50	297	3	233	
Caucete	-68 17	-31 39	579	18 46 54	49	296	3	233	
Chucuma	-67 17	-31 4	864	18 44 38	48	295	360	231	
El Chinguillo	-69 10	-29 43	2018	18 38 18	52	297	359	230	
El Encón	-67 48	-32 13	522	18 49 36	47	296	4	234	
Huaco	-68 29	-30 9	974	18 40 23	51	296	359	230	
Las Flores	-69 13	-30 19	1854	18 40 50	51	297	0	231	
Marayes	-67 18	-31 29	551	18 46 22	48	295	1	232	
Media Agua	-68 26	-31 59	554	18 48 24	48	296	4	234	
Mogna	-68 22	-30 42	736	18 42 41	50	296	0	231	
Rodeo	-69 9	-30 13	1636	18 40 24	51	297	360	231	
San Agustín de Valle Fértil	-67 28	-30 38	853	18 42 45	49	295	359	231	
San Juan	-68 32	-31 32	643	18 46 20	49	297	3	233	
San José de Jáchal	-68 45	-30 15	1177	18 40 39	51	297	359	231	
Vallecito - Difunta Correa	-67 59	-31 44	800	18 47 21	48	296	2	233	
SAN LUIS									
Buena Esperanza	-65 15	-34 45	324	19 2 37	42	293	9	239	
Candelaria	-65 50	-32 4	411	18 49 21	46	294	1	233	
Luján	-65 56	-32 22	606	18 50 41	46	294	2	233	
Merlo	-65 0	-32 21	906	18 50 52	45	293	1	233	
Quines	-65 48	-32 14	490	18 50 7	46	294	2	233	
San Luis	-66 20	-33 18	734	18 54 59	45	294	5	236	
Villa Mercedes	-65 28	-33 40	519	18 56 55	44	293	5	236	
SANTA FE									
Pavón Arriba	-60 49	-33 19	68	18 56 30	40	289	0	233	
Rafaela	-61 30	-31 15	897	18 48 7	43	290	355	229	
Reconquista	-59 39	-29 9	51	18 42 12	43	288	349	226	
Rosario	-60 40	-32 58	31	18 55 6	40	289	359	232	
Rufino	-62 43	-34 16	123	19 0 12	41	291	5	236	
San Cristóbal	-61 15	-30 19	79	18 44 53	44	289	353	228	
San Justo	-60 36	-30 47	59	18 46 59	43	289	353	228	
Santa Fe	-60 42	-31 37	20	18 49 55	42	289	355	230	
Tostado	-61 46	-29 14	78	18 40 50	45	290	351	227	
Venado Tuerto	-61 58	-33 45	120	18 57 58	41	290	2	234	
Villa Cañas	-61 36	-34 0	109	18 59 15	40	290	3	235	
SANTIAGO DEL ESTERO									
Añatuya	-62 50	-28 28	111	18 37 28	47	290	350	226	
Frías	-65 8	-28 38	335	18 36 24	49	293	352	227	
Monte Quemado	-62 50	-25 48	225	18 29 7	50	289	344	223	
Quimili	-62 25	-27 39	140	18 35 10	48	290	348	225	
Santiago del Estero	-64 16	-27 47	192	18 34 7	49	291	349	226	
Villa Atamisqui	-63 49	-28 30	123	18 36 51	48	291	351	226	
Villa Ojo del Agua	-63 42	-29 30	530	18 40 25	47	291	353	228	
TUCUMÁN									
Aguilares	-54 41	-27 34	126	18 41 57	40	283	342	223	
Amaichá del Valle	-65 55	-26 36	1981	18 28 49	52	293	349	225	
Gobernador Garmendia	-64 33	-24 34	370	18 23 39	53	290	343	223	
San Miguel de Tucumán	-65 12	-26 50	439	18 30 11	51	292	348	225	

Eclipse anular de Sol - 14 de octubre de 2023

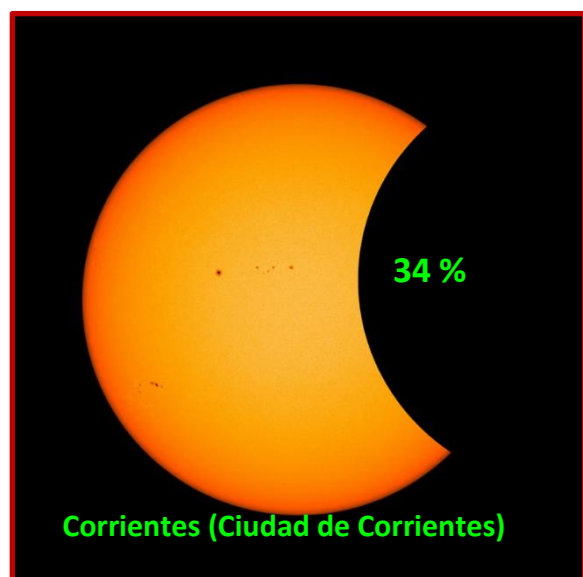
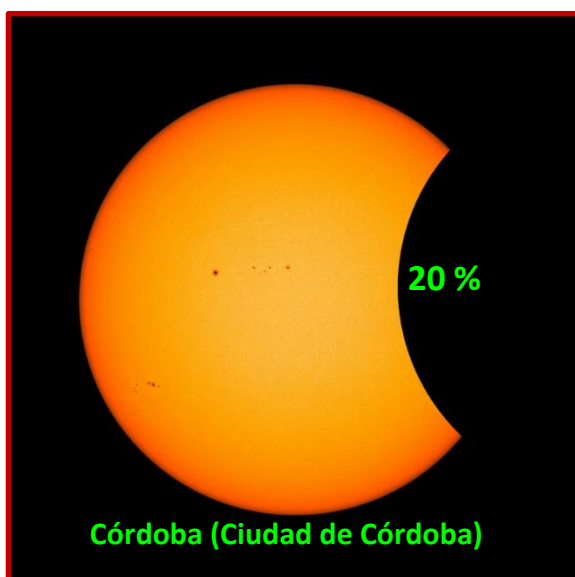
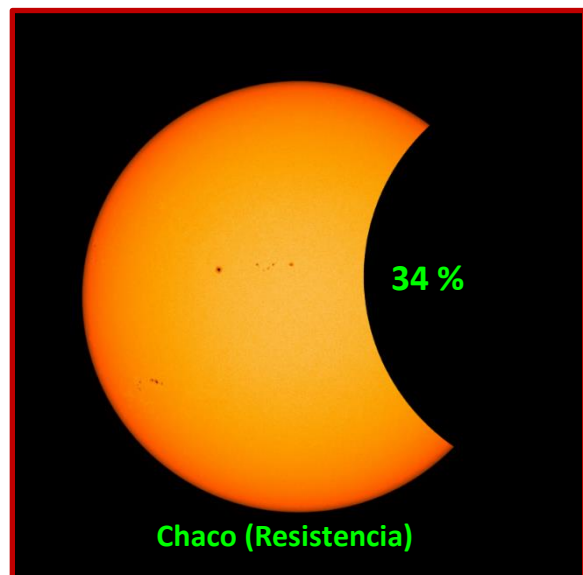
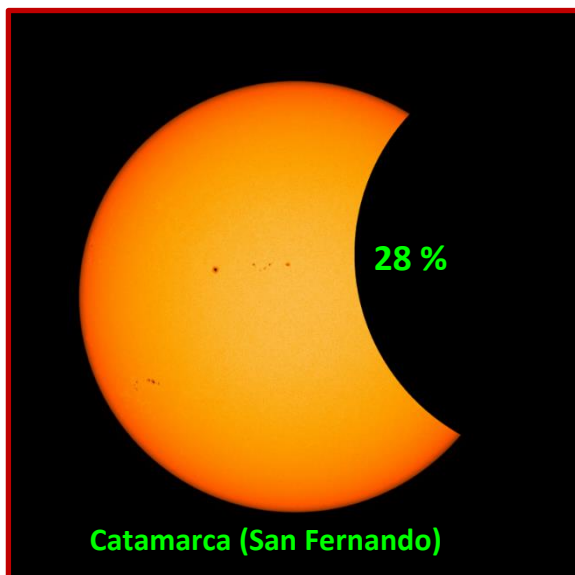
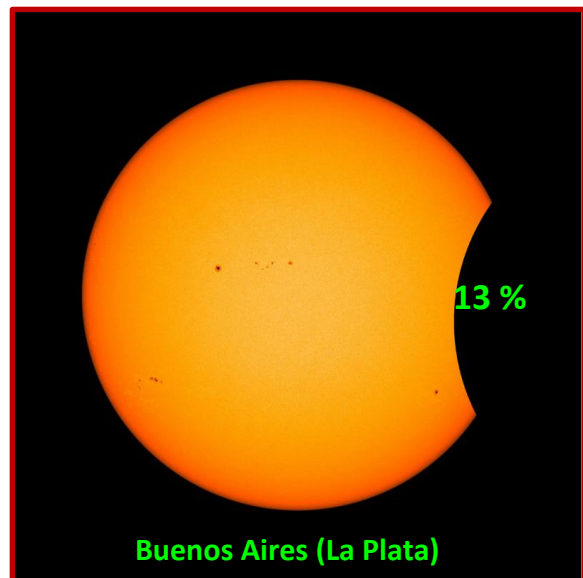
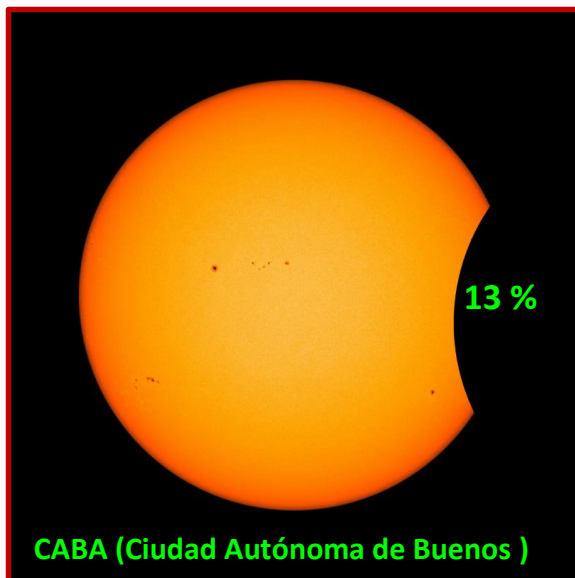
Circunstancias locales para la República Argentina

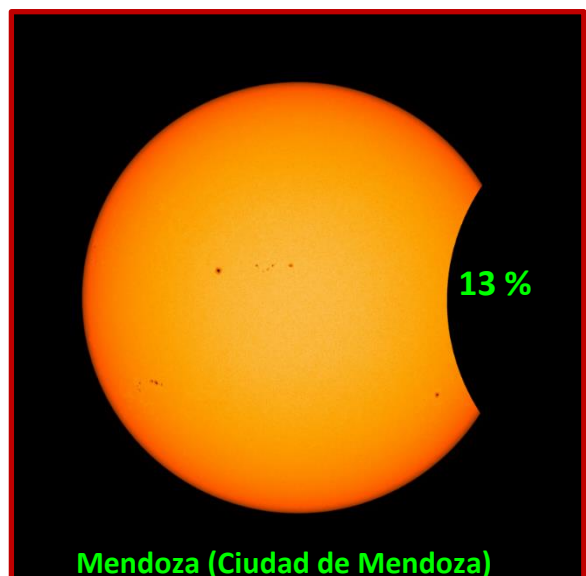
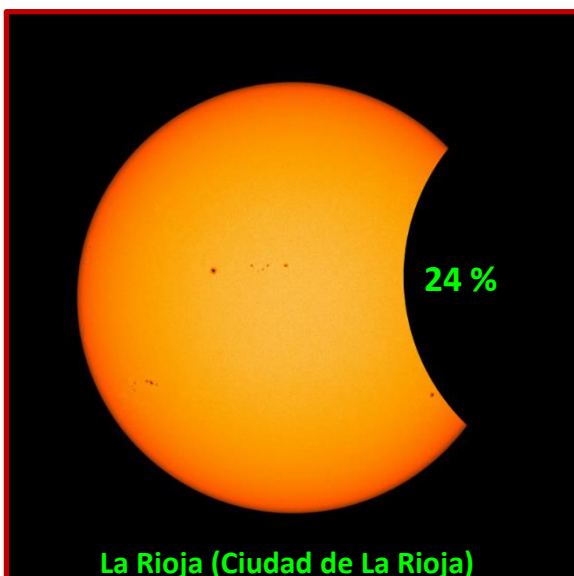
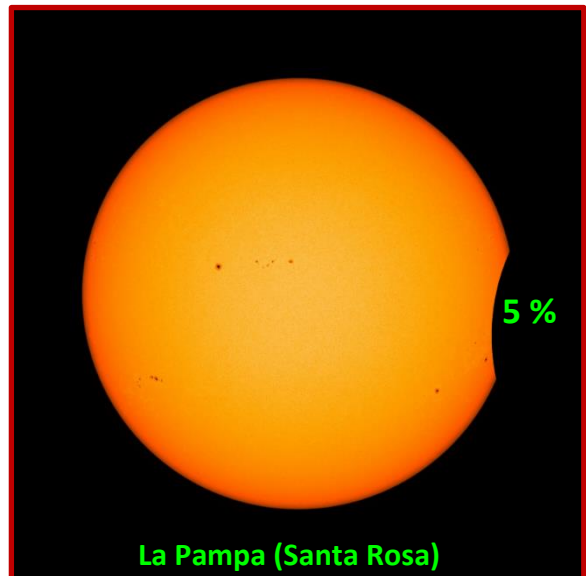
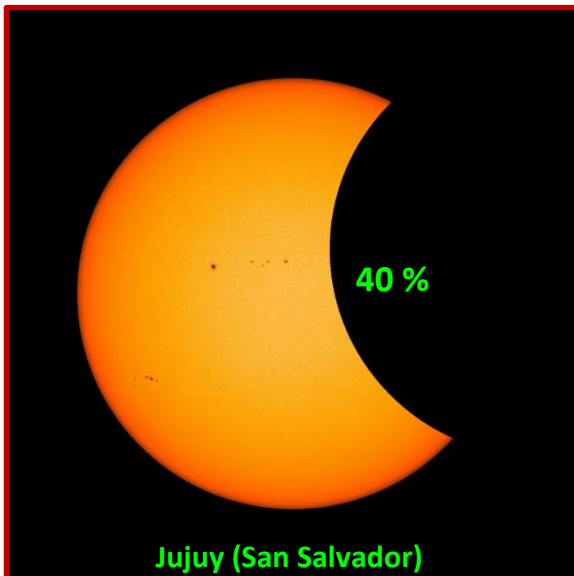
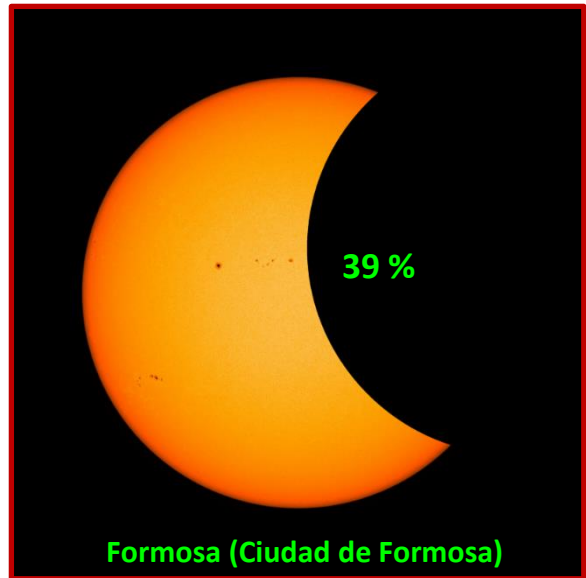
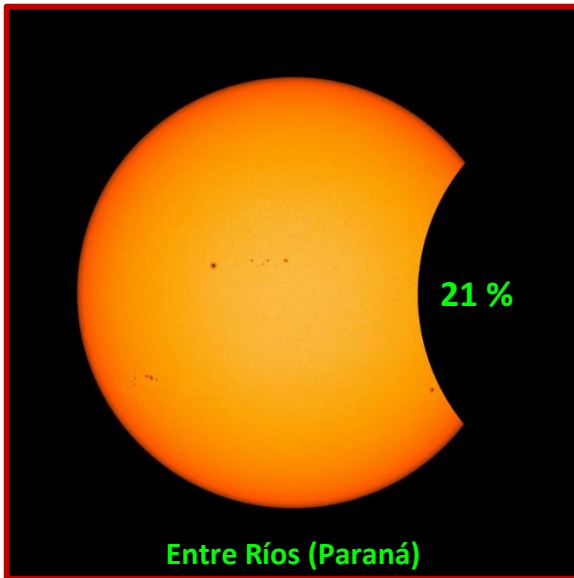
LOCALIDAD	MAXIMO DEL ECLIPSE				FIN DEL ECLIPSE				
	UT	Mg.	h	Ac	UT	h	Ac	P	V
SAN JUAN									
Barreal	19h34m42s	0.158	40°	287°	20h19m42s	31°	280°	67°	305°
Bella Vista	19 34 26	0.195	40	286	20 23 55	30	278	70	310
Bermejo	19 36 22	0.174	38	286	20 22 41	29	278	68	306
Calingasta	19 34 37	0.168	40	287	20 20 50	30	279	68	306
Caucete	19 35 49	0.167	39	286	20 21 33	29	279	67	306
Chucuma	19 36 33	0.191	38	285	20 24 51	28	277	69	309
El Chinguillo	19 34 12	0.216	40	286	20 26 3	29	278	72	313
El Encón	19 36 26	0.154	38	286	20 20 22	29	279	66	303
Huaco	19 35 3	0.209	40	285	20 25 48	29	277	72	312
Las Flores	19 34 25	0.198	40	286	20 24 17	30	278	71	310
Marayes	19 36 39	0.179	38	285	20 23 33	28	278	68	307
Media Agua	19 35 47	0.157	39	287	20 20 12	30	279	66	304
Mogna	19 35 23	0.194	39	286	20 24 26	29	278	70	309
Rodeo	19 34 26	0.202	40	286	20 24 41	30	278	71	311
San Agustín de Valle Fértil	19 36 13	0.203	38	285	20 25 52	28	277	71	310
San Juan	19 35 33	0.169	39	286	20 21 34	30	279	68	306
San José de Jáchal	19 34 50	0.204	40	286	20 25 11	29	278	71	311
Vallecito - Difunta Correa	19 36 7	0.167	38	286	20 21 44	29	279	67	305
SAN LUIS									
Buena Esperanza	19 39 8	0.097	35	286	20 13 45	28	280	58	293
Candelaria	19 38 8	0.172	36	284	20 23 40	27	277	67	305
Luján	19 38 7	0.163	36	285	20 22 30	27	278	66	304
Merlo	19 38 55	0.169	35	284	20 23 47	26	277	66	304
Quines	19 38 12	0.167	36	284	20 23 8	27	277	66	304
San Luis	19 38 0	0.133	36	286	20 18 30	28	279	63	299
Villa Mercedes	19 38 48	0.127	35	285	20 18 16	27	279	62	298
SANTA FE									
Pavón Arriba	19 42 17	0.163	31	281	20 25 3	22	275	64	302
Rafaela	19 41 30	0.221	32	281	20 30 50	22	273	70	310
Reconquista	19 42 26	0.292	31	278	20 37 24	19	271	76	318
Rosario	19 42 22	0.174	31	281	20 26 24	22	274	65	303
Rufino	19 41 1	0.126	33	283	20 19 26	25	277	61	297
San Cristóbal	19 41 29	0.250	32	280	20 33 29	21	273	73	313
San Justo	19 42 5	0.239	31	280	20 32 49	20	273	71	312
Santa Fe	19 42 9	0.214	31	280	20 30 28	21	273	69	308
Tostado	19 40 46	0.279	33	280	20 35 35	21	272	75	317
Venado Tuerto	19 41 30	0.145	32	282	20 22 19	24	276	63	299
Villa Cañas	19 41 46	0.139	32	282	20 21 43	23	276	62	298
SANTIAGO DEL ESTERO									
Añatuya	19 39 37	0.296	34	280	20 36 18	22	272	77	320
Frías	19 37 35	0.277	37	282	20 33 41	24	274	76	319
Monte Quemado	19 38 30	0.374	35	278	20 41 4	21	271	83	329
Quimilí	19 39 41	0.322	34	279	20 38 17	21	272	79	322
Santiago del Estero	19 38 3	0.307	36	280	20 36 20	23	273	78	322
Villa Atamisqui	19 38 45	0.289	35	281	20 35 19	23	273	77	319
Villa Ojo del Agua	19 39 13	0.260	35	281	20 33 12	23	274	74	316
TUCUMÁN									
Aguilares	19 45 37	0.356	26	274	20 43 7	13	267	79	323
Amaichá del Valle	19 35 54	0.331	38	281	20 36 53	24	273	81	325
Gobernador Garmendia	19 36 8	0.399	37	278	20 41 19	22	271	86	332
San Miguel de Tucumán	19 36 43	0.329	37	280	20 37 11	24	273	81	325

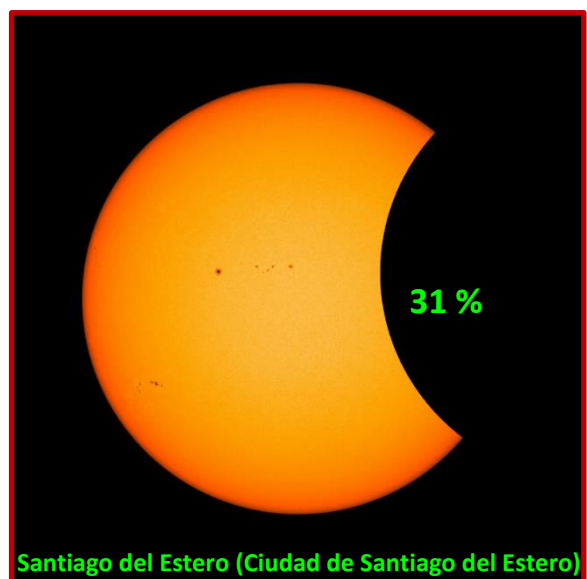
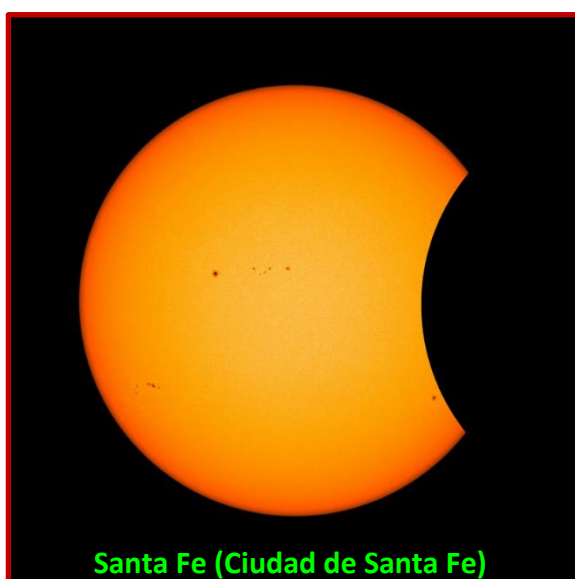
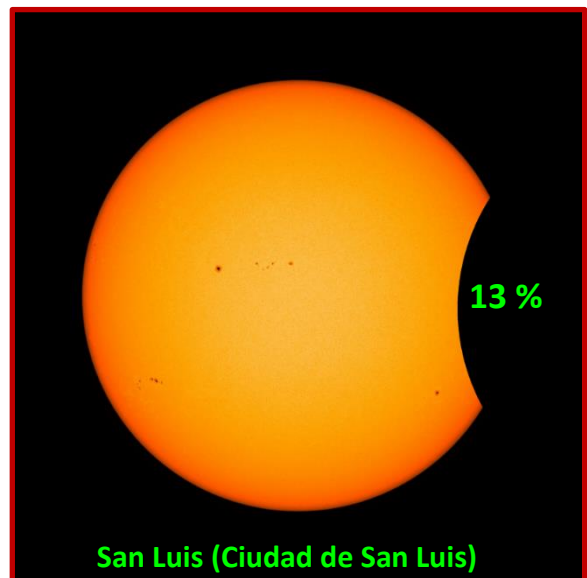
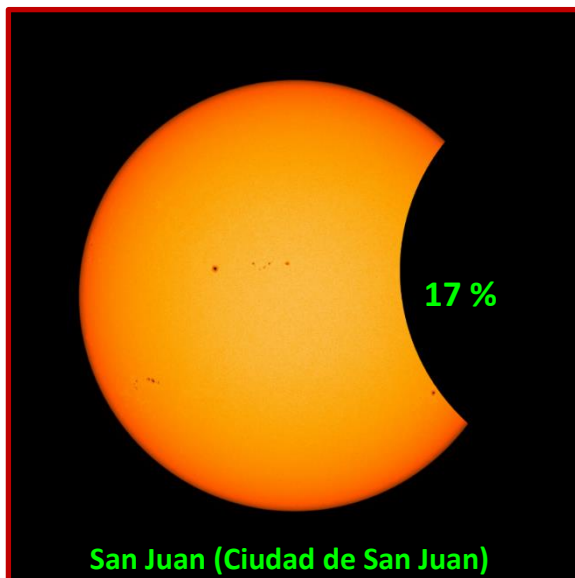
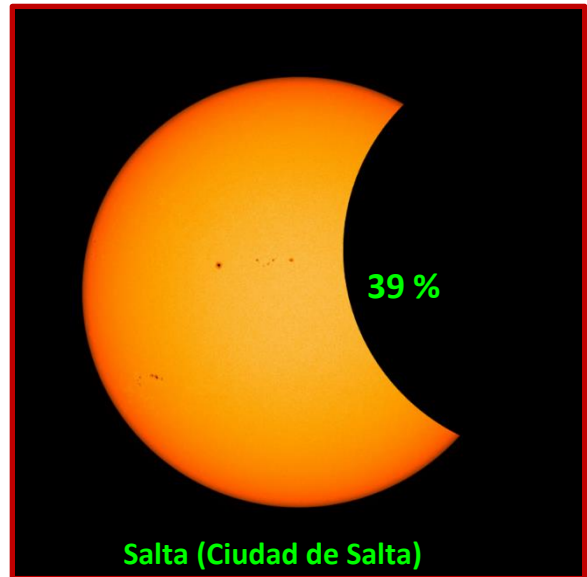
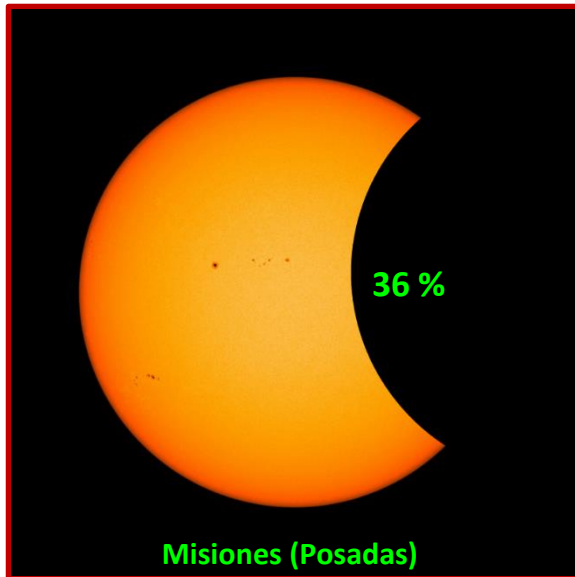
**El máximo del eclipse visto desde las
capitales de las provincias argentinas**
(Una *aproximación* a cómo se verá el eclipse)

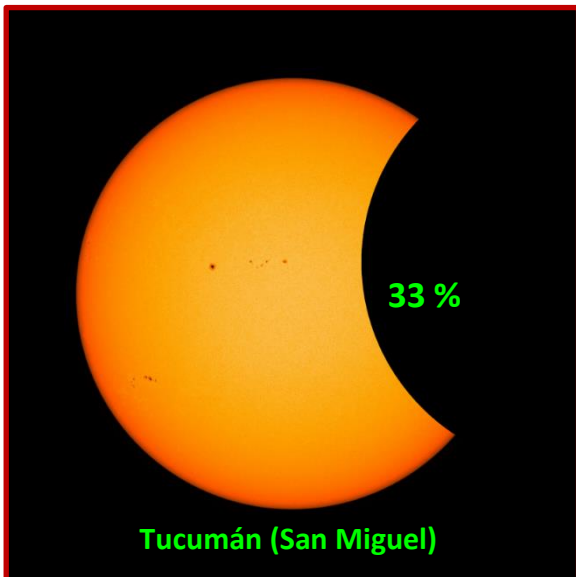
Las imágenes de las siguientes páginas *dan una idea* de cómo se verá el eclipse desde las capitales de las provincias argentinas. Una visión general esquemática para todo el país puede verse en el gráfico de isomagnitud de la figura 18.

La foto del Sol utilizada para simular el eclipse fue tomada el 29 de septiembre de 2023 por la NASA, desde el Solar Dynamic Observatory (SDO), con el Helioseismic and Magnetic Imager (HMI).









Fuente de las imágenes:

Figuras 1 a 11, figura 15 y figuras sin numerar en las páginas 10, 11, 12 y 17 a 21: Composición de imágenes obtenidas de <https://www.demis.nl> y completadas con Paint Shop 7 (versión OEM de Jasc Software)

Figuras Nro. 16, 17 y 18: Composición de imágenes realizadas con QGIS 3.32/Lima (<https://www.qgis.org/es/site/>), completadas con Paint Shop 7 (versión OEM de Jasc Software)

Simulaciones del eclipse en las páginas 41 a 44: fotografías coloreada del Sol tomada el 29 de septiembre de 2023 por la NASA, desde el Solar Dynamic Observatory (SDO), con el Helioseismic and Magnetic Imager (HMI).

https://sdo.gsfc.nasa.gov/assets/img/latest/latest_1024_HMIIC.jpg

Simulación del eclipse visto desde el lugar del máximo (pág. 20): montaje con Paint Shop Pro 7 de la fotografía coloreada del Sol (NASA/SDO/HMI).

Retrato del papa Gregorio XIII (pág. 45): Atribuida al pintor italiano Bartolomeo Passerotti (1529 - 1592).

https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Ritratto_di_Gregorio_XIII_-_Passarotti.jpg

Retrato de Jean-Louis Pons (pág. 45): https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pons_1.jpg

EL 14 DE OCTUBRE Y UN POCO DE HISTORIA

14 de octubre de 1582: Ese día no existió en España, Italia, Polonia y Portugal, debido a que la reforma del calendario establecida en 1582 por el papa Gregorio XIII eliminó los 10 días comprendidos entre el 4 y el 15 de octubre de ese año, de modo que al jueves 4 le siguió el viernes 15 de octubre. La reforma del calendario procuraba corregir el error en la duración del año solar, ajustar el calendario con las estaciones astronómicas y garantizar que las festividades religiosas importantes, como la Pascua, se celebrasen siempre en las fechas adecuadas.



El calendario gregoriano, introducido por la bula papal *Inter Gravissimas*, se basa en un año de 365.2425 días, que es un poco más corto que el de 365.25 días que había establecido el cónsul romano Julio César²¹ en el 46 aC²² y que entró en vigor en el 45 aC.

Inicialmente, el calendario gregoriano fue aceptado sólo por los países católicos, pero poco a poco, fue adoptado por casi todo el mundo, en un proceso que duró desde el año 1582 hasta el 1929²³, cuando es adoptado de manera general en la China.

14 de octubre de 1831: Muere en Florencia, Italia, el astrónomo francés Jean-Louis Pons, reconocido como el mayor descubridor visual de cometas de la historia. Descubrió 37 cometas entre 1801 y 1827²⁴.

El asteroide 7645 y un cráter en la Luna llevan su nombre. El cráter lunar Pons se encuentra a unos 550 km al SE del lugar de aterrizaje de la misión Apolo XVI el 21 de abril de 1972, penúltima misión con astronautas a la Luna. Fue tripulada por John Young (comandante), Charles Duke (piloto del módulo lunar) y Ken Mattingly (piloto del módulo de mando). La misión aterrizó en la región de las Tierras Altas de Descartes, estuvieron durante 71 horas y realizaron tres actividades extra-vehiculares o caminatas lunares, durante las cuales condujeron el *Lunar Roving Vehicle* y recolectaron 95.8 kg de muestras lunares para traer a la Tierra.²⁵



²¹ Julio César fue asesinado en el año 44 aC y nunca fue emperador, porque el imperio romano comenzó recién en el 27 aC, con César Augusto.

²² El año 46 aC es conocido como "*año de la confusión*" o "*último año de la confusión*", porque, para arreglar los errores arrastrados por el calendario hasta ese año, Julio César agregó, a fin de febrero, los 27 días del mes "*mercedenius*" (mes intercalar bienal que había establecido el rey Numa Pompilio) y 67 días más entre noviembre y diciembre, de modo que el año resultó con un total de 445 días; de ahí el nombre de "*año de la confusión*" o "*último año de la confusión*".

²³ China adoptó el calendario gregoriano oficialmente en 1912, pero sólo se aplicó efectivamente desde 1 de enero de 1929.

²⁴ Jean Louis Pons (discoverer of comets) by elizabeth roemer / USNO - Flagsaff Station. Astronomical Society of the Pacific - San Francisco, California / Leaflet No. 371 - May, 1960).

²⁵ https://es.wikipedia.org/wiki/Apolo_16#cite_ref-overvw_2-1

Agradecimiento personal:
Al Prof. José Alberto Pérez (Joe), quien me ayudó a encontrar
errores y omisiones en la redacción de este documento.

Dudas, consultas, errores detectados, favor de contactar por correo electrónico:
ccmalla@gmail.com

-Página en blanco-