



# ECLIPSE TOTAL de SOL del 14 de DICIEMBRE de 2020

Santiago Paolantonio  
Néstor Camino

Parte 1: Visibilidad. Sugerencias para su observación.

Parte 2: Los eclipses totales de Sol y su enseñanza.



# ÍNDICE

## Parte 1: Visibilidad. Sugerencias para su observación.

INTRODUCCIÓN.....	05
¿DÓNDE SE VERÁ EL ECLIPSE DEL 14 DE DICIEMBRE DE 2020?.....	06
EL CLIMA ESPERADO PARA DICIEMBRE DE 2020.....	10
¿QUÉ SE PODRÁ OBSERVAR?.....	10
CÓMO OBSERVAR EL ECLIPSE Y LOS CUIDADOS QUE DEBEN TENERSE.....	13
- Filtros especiales.....	13
- Filtros por absorción utilizados por soldadores.....	13
- Anteojos para eclipses solares.....	14
- Observación con telescopios o binoculares con filtro.....	15
- Cámara oscura.....	16
- Proyección a través de un telescopio o binocular.....	18
A MODO DE SÍNTESIS, REFORZANDO LOS CUIDADOS.....	20
¿CÓMO FOTOGRAFIAR UN ECLIPSE?.....	20
DATOS PARA LA OBSERVACIÓN DEL ECLIPSE TOTAL EN DISTINTOS PUNTOS.....	21

## Parte 2: Los eclipses totales de Sol y su enseñanza

SOBRE ESTE DOCUMENTO.....	31
INTRODUCCIÓN.....	32
- Astronomía: una ciencia con renovados retos.....	32
- La Astronomía en Argentina.....	33
LA IMPORTANCIA DE LOS ECLIPSES.....	34
- Importancia de la enseñanza de los eclipses.....	35
- Los eclipses como proceso.....	35
ECLIPSES DE SOL.....	36
- Tipos de eclipse de Sol.....	36
- Umbra y penumbra en el Sistema Tierra-Luna-Sol.....	37
- Zona de visibilidad en los eclipses totales de Sol.....	40
- La magnitud de un eclipse total de Sol.....	41
ASPECTOS IMPORTANTES PARA LA ENSEÑANZA DE LOS ECLIPSES DE SOL.....	43
- Algunas consideraciones sobre los gráficos utilizados para explicar los eclipses.....	43
- Gráficos adecuados para representar y comenzar a comprender un fenómeno astronómico complejo.....	44
- Una pregunta muy interesante hecha por nuestros estudiantes.....	50
- Eclipses, tránsitos y ocultaciones: la familia de las alineaciones geométricas.....	50
- Ocultaciones.....	51
- Tránsitos.....	52
- Eclipses de Sol (¿o tránsitos de Luna?).....	54
- El cambio en la posición del observador: eclipses de Sol/Luna, tránsitos por eclipses.....	55
CONSIDERACIONES Y PROPUESTAS PARA LA ENSEÑANZA DE LOS ECLIPSES.....	59
- Simulando un eclipse de Sol.....	63
- Modelo del Sistema Sol-Tierra.....	64
- Comparación de los diámetros del Sol y la Luna.....	65
- Cálculo de la representación a escala del Sistema Tierra-Luna-Sol.....	66
- Actividades para realizar asociadas a la observación de un eclipse total de Sol.....	68
HISTORIA DE LA CIENCIA Y LOS ECLIPSES EN ARGENTINA.....	69
COMENTARIOS FINALES, A MODO DE SÍNTESIS.....	73
ANEXO 1.....	74
ANEXO 2.....	74

## Diseño de Tapa: Diseñadora Industrial Silvina Pérez Álvarez

Paolantonio, Santiago

Eclipse total de Sol del 14 de diciembre de 2020 / Santiago Paolantonio ; Néstor Eduardo Camino. - 1a ed. - Córdoba : Santiago Paolantonio, 2020.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-86-6065-3

1. Eclipses Solares. 2. Astronomía. 3. Material Auxiliar para la Enseñanza. I. Camino, Néstor Eduardo. II. Título.

CDD 523.78



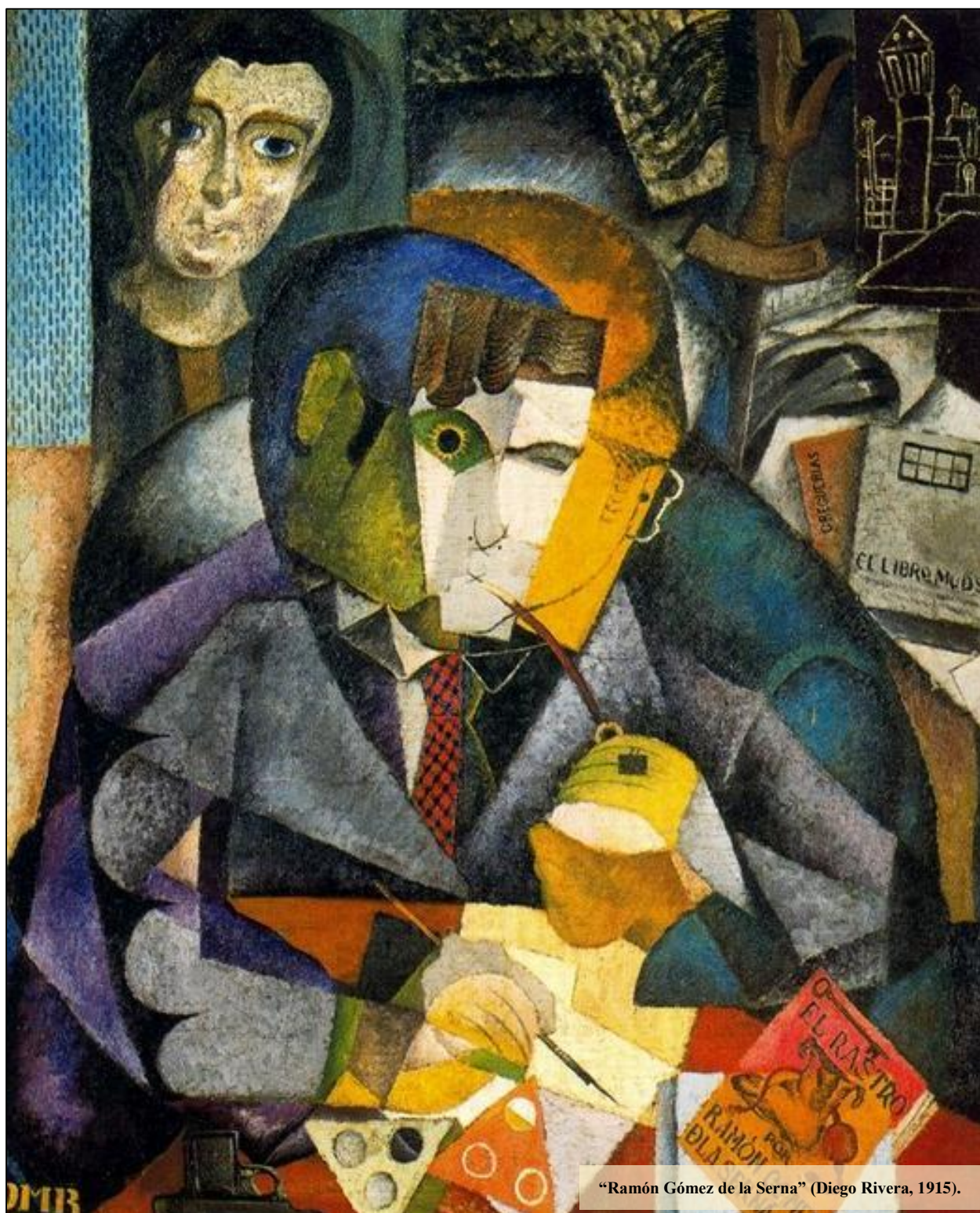
Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución - [No Comercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

ISBN 978-987-86-6065-3



# Eclipse total de Sol del 14 de diciembre de 2020

---



Santiago Paolantonio- Néstor Camino

---



# ECLIPSE TOTAL DE SOL DEL 14 DE DICIEMBRE DE 2020

Su visibilidad – Sugerencias para su observación

**Santiago Paolantonio<sup>1</sup> y Néstor Camino<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Museo Astronómico, Observatorio Astronómico de Córdoba, Córdoba, Argentina. [paolantoniosantiago@gmail.com](mailto:paolantoniosantiago@gmail.com)

<sup>2</sup> Complejo Plaza del Cielo – CONICET-FHCS UNPSJB. Esquel, Chubut, Argentina. [plazadelcielo@gmail.com](mailto:plazadelcielo@gmail.com)

---

*“Un eclipse total de Sol... es un fenómeno que suspende,  
a quien lo contempla, en la más viva emoción...,  
en un expirar último y anhelante se anuncia una culminación casi  
espiritual.”*

Charles D. Perrine <sup>1</sup>

*“Un eclipse total [de Sol] es, en cambio,  
el espectáculo natural más impresionante que pueda verse.”*

Paul Couderc <sup>2</sup>

## INTRODUCCIÓN

El 14 de diciembre de 2020 ocurrirá un eclipse total de Sol, el cual será visible en su fase de totalidad en las provincias de Neuquén y Río Negro, y como parcial en el resto de toda la República Argentina.

Los eclipses de Sol y de Luna son fenómenos naturales que ocurren regularmente. Todos los años suceden como mínimo cuatro eclipses, en cierta época ocurren al menos un eclipse de Sol y uno de Luna, y seis meses después nuevamente al menos otro eclipse de Sol y otro de Luna. En algunos años, el total de eclipses puede llegar a ser de siete, que es el máximo posible.

Los eclipses de Luna son visibles desde todos los puntos de la Tierra en los que en ese momento pueda verse nuestro satélite natural. En cambio, los eclipses de Sol solo pueden apreciarse en una región relativamente reducida, por lo que no es tan frecuente observarlos, en particular los totales, lo que hace que la posibilidad de observar eclipses de Sol desde un dado lugar sobre la superficie terrestre sea muy pequeña. Por ejemplo, el próximo eclipse total de Sol que podrá observarse desde la República Argentina, luego del que ocurrirá el 14 de diciembre, tendrá lugar recién en diciembre de 2048, ¡28 años!

Un eclipse, en el sentido más general, es cuando un cuerpo se ubica por delante de otro. Es decir, cuando las direcciones bajo las cuales vemos a ambos objetos en el cielo (las “visuales”) coinciden, lo que observamos es que los mismos se “superponen”. En el caso de un eclipse de Sol, el cuerpo más cercano a nosotros (la Luna) impide ver al cuerpo más lejano (el Sol), ya sea por completo o en parte.

---

<sup>1</sup> Astrónomo argentino- estadounidense (1867-1951), director del Observatorio Nacional Argentino entre 1909 y 1936.

<sup>2</sup> Astrónomo y divulgador de las ciencias de origen francés (1899-1981). Cita tomada de “Los eclipses”, Eudeba, 1963.



Un eclipse de Sol sucede cuando la Luna, moviéndose por el espacio en su órbita alrededor de la Tierra, se interpone entre el Sol y la Tierra, ocultando así el disco solar por un breve tiempo para un observador ubicado sobre la superficie de nuestro planeta. Cuando la ocultación es completa, se denomina “eclipse total”, y cuando se oculta sólo una parte del disco solar, se denomina “eclipse parcial”. En ciertos años, sucede un tipo de eclipse particular, denominado “eclipse anular”: durante estos eclipses la Luna cruza el disco del Sol por su centro, pero no llega a ocultarlo por completo, dejando un fino anillo de luz por fuera del disco oscuro de la Luna. De ahí su nombre, ya que “anular” proviene de la palabra “anillo”.

Los eclipses entre cuerpos celestes son fenómenos naturales que, al igual que el día y la noche, que las estaciones, etc., podríamos llamar “cotidianos”, con la acepción astronómica de cotidiano, ya que pueden ocurrir a intervalos de meses o incluso años. Los eclipses no son entonces fenómenos extraños o peligrosos, no producen efectos físicos ni sobre nosotros ni sobre la Naturaleza en general y, por ser regulares, es posible predecirlos con suficiente exactitud y mucha antelación (en la antigüedad ya se predecían eclipses a partir del estudio de registros sistemáticos realizados durante siglos).

### ¿DÓNDE SE VERÁ EL ECLIPSE DEL 14 DE DICIEMBRE DE 2020?

El eclipse total de Sol del 14 de diciembre de 2020 será observable desde la Patagonia argentina. Tendrá su máximo en la provincia de Río Negro, en un punto (latitud:  $-40^{\circ},335574/-40^{\circ} 20' 08''$ ,1 y longitud:  $-67^{\circ},958888/-67^{\circ} 57' 32''$ ,0) relativamente equidistante de la cordillera y de la costa atlántica, entre la ruta provincial N°8 y la nacional N°23, a unos 62 kilómetros al oeste de Ministro Ramos Mexia. En este punto, la duración del fenómeno será máxima y el Sol estará a la mayor altura posible de ese día sobre el horizonte.

La franja de totalidad, correspondiente a la zona en que la sombra de la Luna incide sobre la superficie terrestre, en la República Argentina tocará las provincias de Neuquén y Río Negro, entrando un poco al norte del volcán Lanín, pasando al sur de la localidad de Las Grutas y saliendo del continente por “Bajada de Echandi”. La totalidad tendrá lugar entre las 13 h 05 min 35 s (cordillera) y las 13 h 23 min 05 s (costa atlántica), alto en el cielo (unos  $72^{\circ}$  sobre el horizonte), y durará 2 minutos y 8 a 10 segundos de acuerdo al lugar en que se observe.

Fuera de la franja de totalidad, que tendrá un ancho de unos 90 kilómetros, en el resto del territorio argentino, el eclipse se apreciará como parcial. El Sol será ocultado por la Luna en su mayor parte, brindando una vista que también resultará notable y digna de ser contemplada. Por ejemplo, el porcentaje de oscurecimiento (porcentaje del disco solar cubierto por la Luna)<sup>3</sup> será:

San Carlos de Bariloche	96%	Esquel	90%	Puerto Madryn	95%
ciudad de Neuquén	97%	Santa Rosa de la Pampa	85%	San Rafael	80%

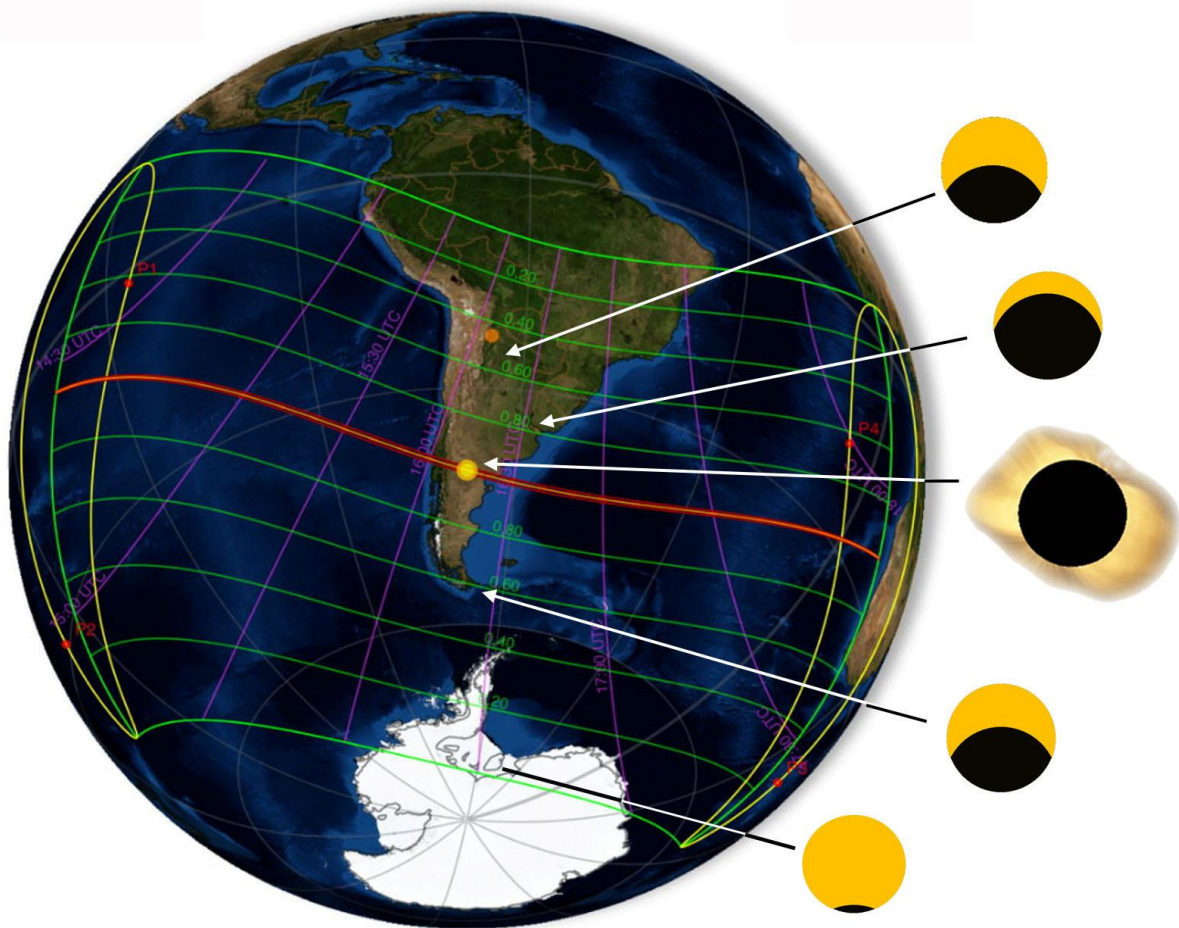
Más al sur y al norte del país el porcentaje disminuirá, por ejemplo:

Base Antártica Belgrano II	< 2%	Ushuaia	50%	Puerto San Carlos	65%
Comodoro Rivadavia	82%	Córdoba	64%	La Quiaca	< 32%

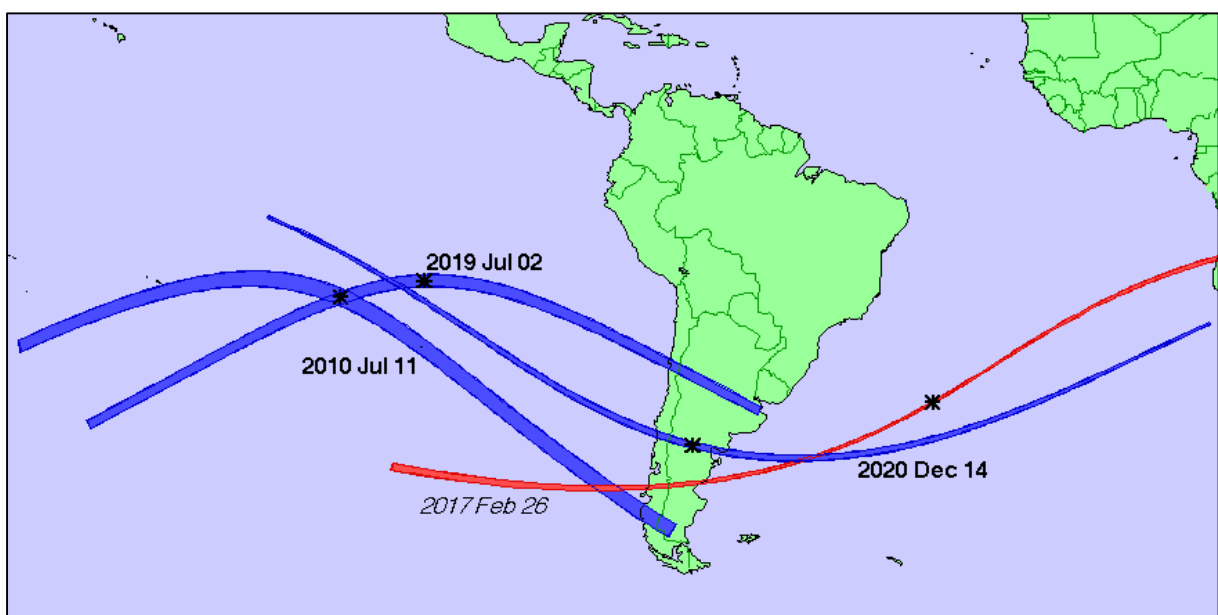
En las páginas siguientes se incluyen algunos mapas en los que se encuentra marcada la trayectoria de la sombra y penumbra lunares para el eclipse total de Sol del 14 de diciembre de 2020.

<sup>3</sup> Para comprender mejor las diferencias entre los conceptos “magnitud” y “oscurecimiento” en un eclipse de Sol, sugerimos explorar el sitio web: <https://www.geogebra.org/m/SnZ7QGtJ>



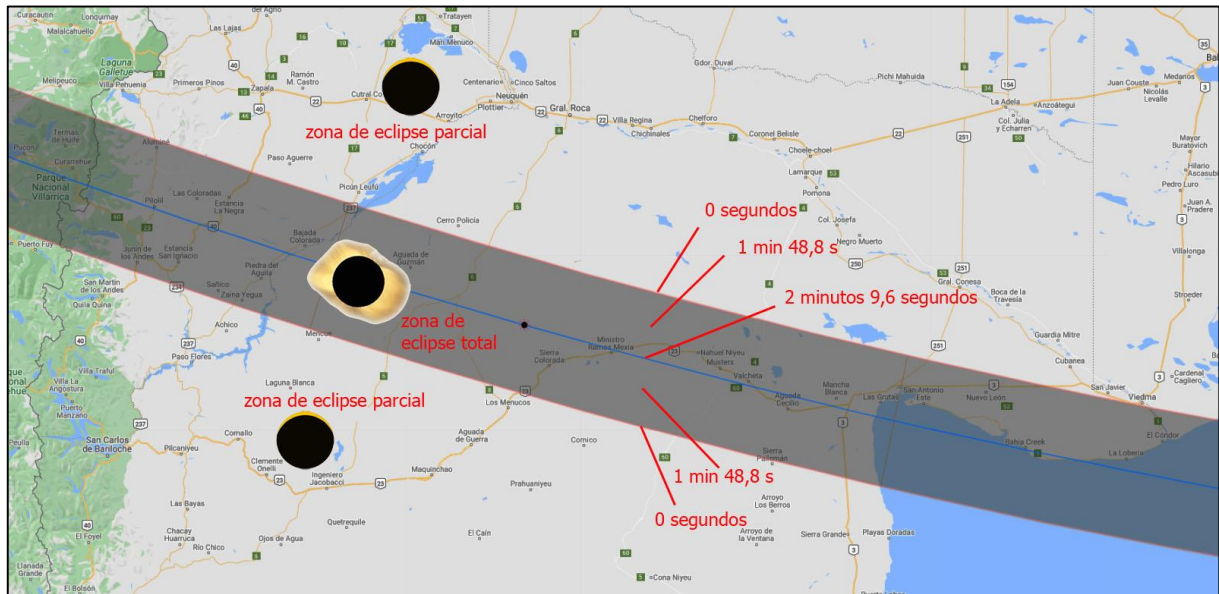


**Figura 1.** La zona delimitada por las líneas representa la región en que será visible el eclipse del 14 de diciembre de 2020, centro y sur de Sudamérica, océanos Atlántico y Pacífico. En **rojo** se marca la trayectoria de la sombra de la Luna sobre la superficie terrestre, zona en que el evento se observará como **total**. Las líneas **verdes** señalan los lugares en que el eclipse se verá como **parcial**. Los números indican la magnitud del eclipse: el valor por unidad en que el diámetro del disco solar se ocultará, por ejemplo: 0,80 corresponde a un 80% del diámetro del disco solar ocultado. (Mapa base [http://xjubier.free.fr/site\\_pages/solar\\_eclipses/TSE\\_20201214\\_pg01.html](http://xjubier.free.fr/site_pages/solar_eclipses/TSE_20201214_pg01.html) ).



**Figura 2.** Las franjas de totalidad de los eclipses visibles desde la República Argentina entre 2010 y 2020: 11 de julio de 2010, 2 de julio de 2019 y 14 de diciembre de 2020. El del 26 de febrero de 2017, fue anular. (Mapa base <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEatlas/SEatlas3/SEatlas2001.GIF> )

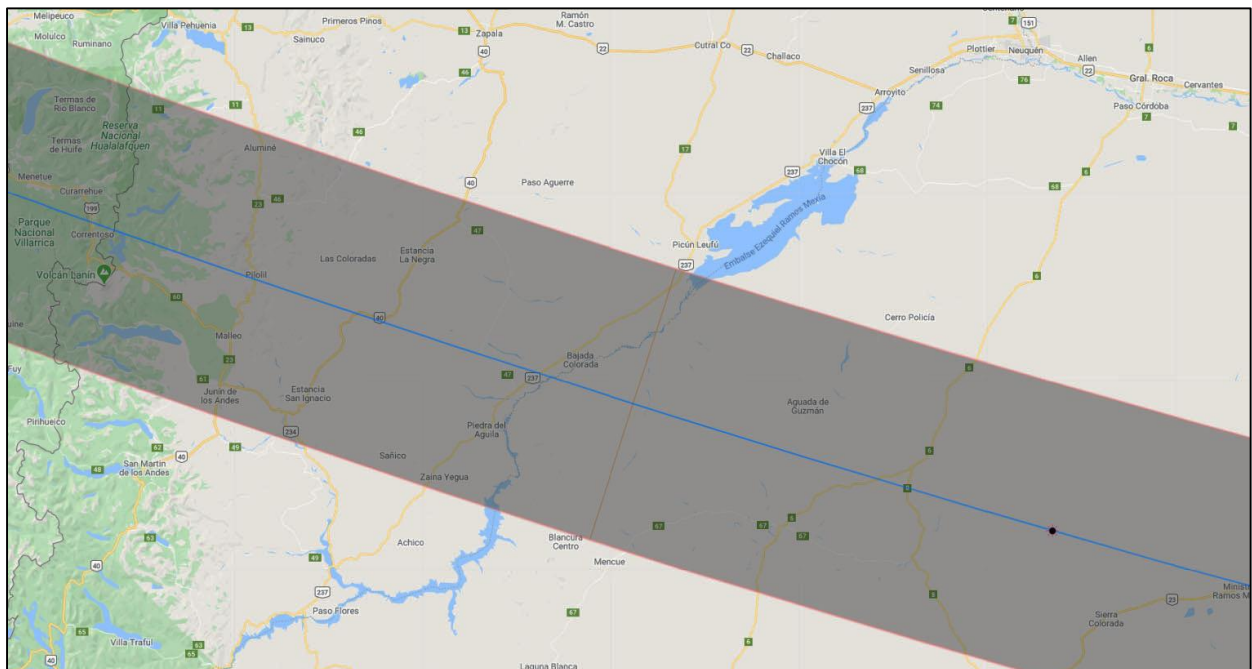
Mientras más cerca del medio de la franja de totalidad se observe, mayor es el tiempo en que el Sol estará ocultado. En la imagen se indican a modo de ejemplo la duración de la totalidad en cinco lugares distintos.



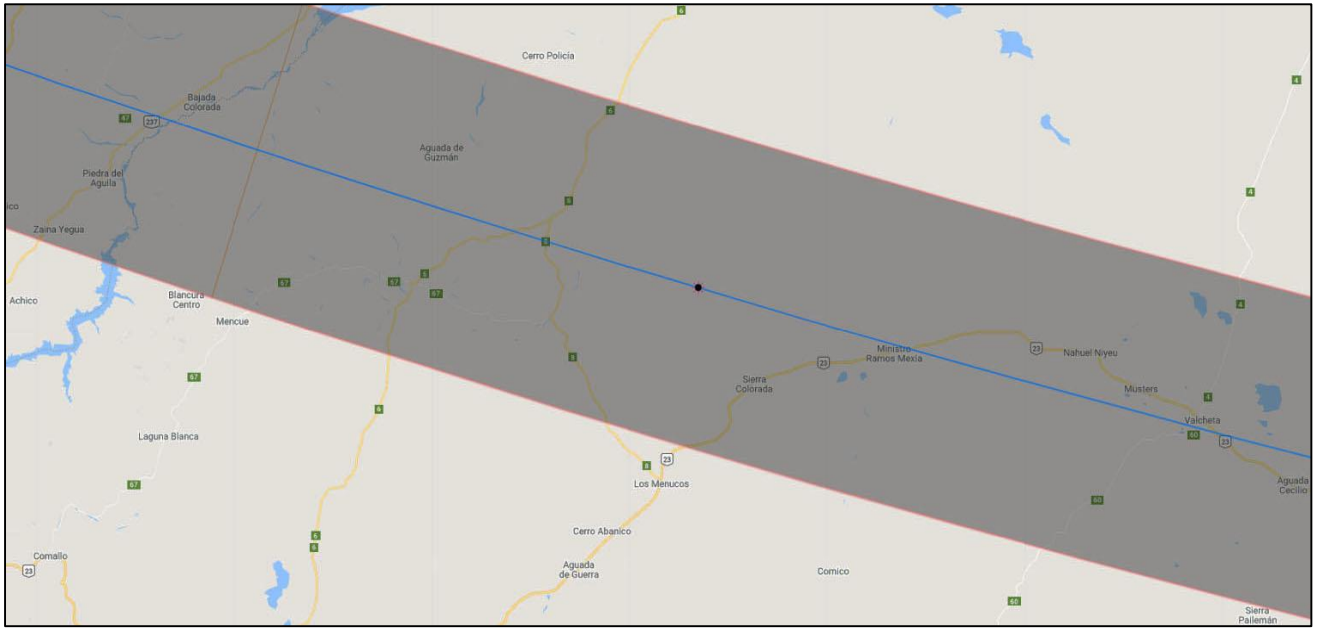
**Figura 3.** Detalle de la trayectoria de la sombra del eclipse del 14 de diciembre de 2020 por el territorio de la República Argentina. El ancho de la franja de totalidad es de unos 90 km. Se indican los tiempos de duración aproximados de la totalidad según la distancia al centro de la franja.

Al Norte y al Sur de esta banda, el eclipse se verá como parcial, y la porción del disco solar cubierto por la Luna será menor en la medida que el sitio de observación esté más lejos (al norte y al sur) de esta zona.

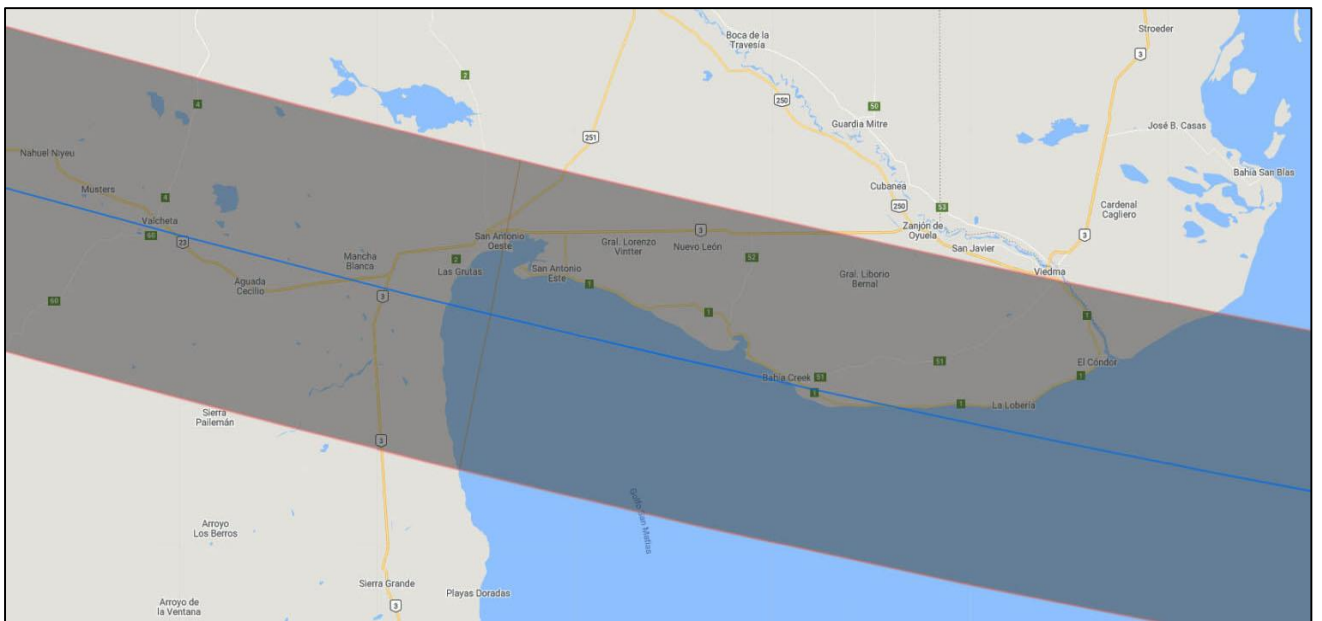
A continuación, se presentan en mayor detalle fragmentos del mapa anterior. (*mapa base Jay Anderson, <http://eclipsophile.com>*).



**Figura 4.** Detalle de la zona oeste de la franja de totalidad.



**Figura 5.** Detalle de la zona centro de la franja de totalidad.

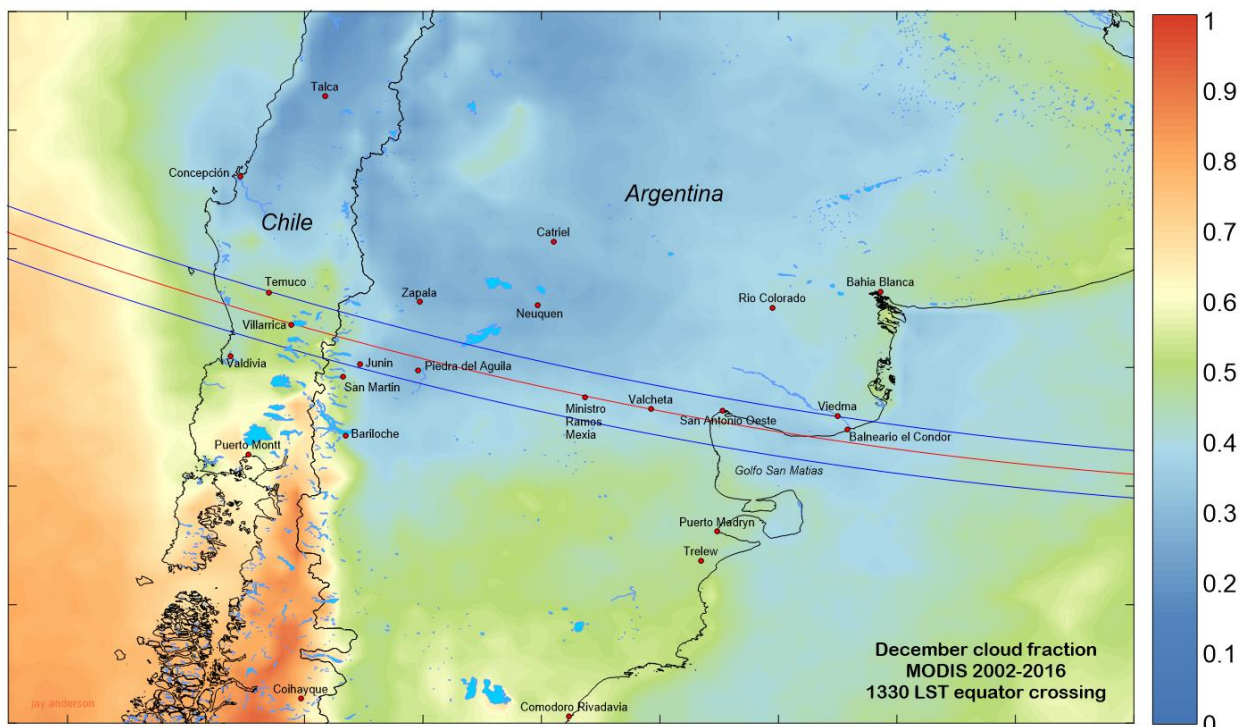


**Figura 6.** Detalle de la zona este de la franja de totalidad.



## EL CLIMA ESPERADO PARA DICIEMBRE DE 2020

Es de esperar que el próximo diciembre en la zona de visibilidad del eclipse las condiciones del clima sean muy favorables para la observación del cielo. En la Figura 7 se puede ver una proyección de nubosidad realizada a partir de imágenes satelitales.



**Figura 7.** Nubosidad promedio para diciembre, a partir de imágenes satelitales en el período 2002-2016. En la República Argentina en toda la zona de totalidad la nebulosidad prevista es muy baja, en particular hacia la cordillera (*Jay Anderson*).

## ¿QUÉ SE PODRÁ OBSERVAR?

Todas las personas que han tenido la posibilidad de presenciar un eclipse total de Sol coinciden en destacar las fuertes emociones que los embarga al contemplar la belleza de este inusual evento.

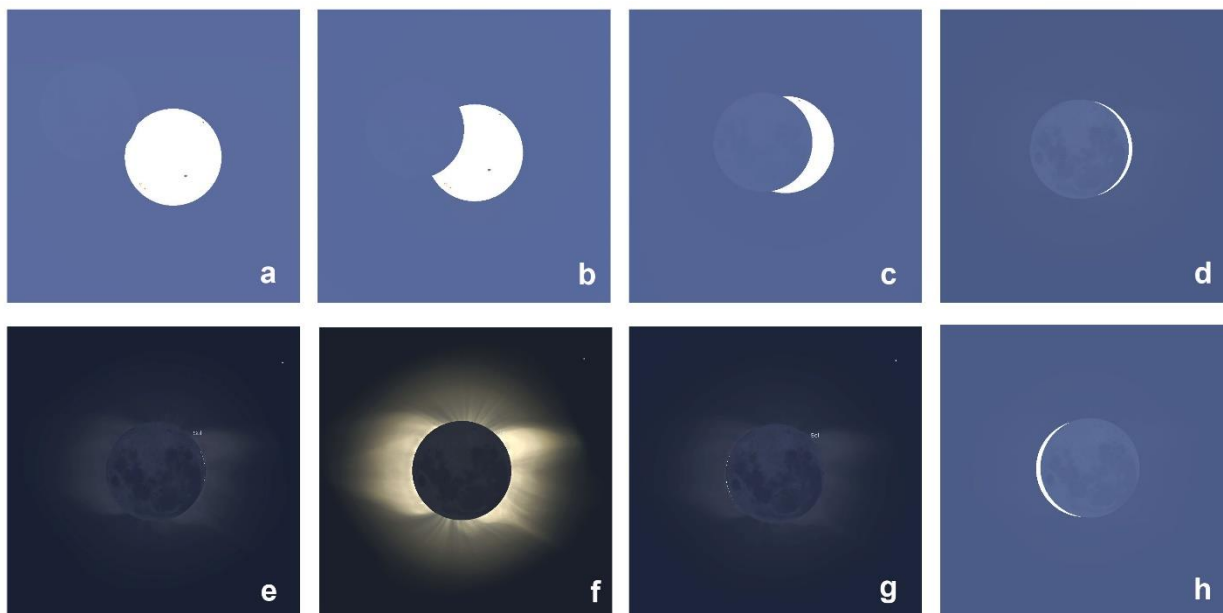
La observación del fenómeno en su parcialidad también será un espectáculo digno de verse, sin embargo, corresponde advertir un aspecto muy importante:

Aunque el disco del Sol esté cubierto en un 99,99%, lo que se verá no es lo mismo que en la totalidad (100% cubierto): el cielo no se oscurecerá y no se podrán ver las estrellas y planetas, se trata, en síntesis, de dos visiones del eclipse totalmente distintas.

En conclusión, si fuera posible moverse a la franja de totalidad, ¡valdrá la pena!

El eclipse será el 14 de diciembre de 2020, hacia el mediodía, y se observará el comienzo del mismo en dirección noreste estando el Sol muy alto sobre el horizonte.

En su inicio (el “primer contacto”), el eclipse se manifestará por una pequeña “mueca” de oscuridad en el disco solar en la parte “izquierda” (a, en la Figura 8). A medida que avance el eclipse (la etapa de parcialidad), el Sol será ocultado en forma progresiva hasta quedar una fina “hoz” (b, c y d, en la Figura 8), durante este proceso, que demandará más de una hora, la iluminación ambiente irá disminuyendo gradualmente.



**Figura 8.** Distintas etapas del eclipse total del Sol del 14 de diciembre de 2020, tal como se observará desde la franja de totalidad en las provincias de Río Negro y Neuquén. a. primer contacto, b, c, d y h parcialidad, e y g “perlas de Baily” y f totalidad con la visualización de la corona solar. Simulación realizada con el planetario Stellarium (<https://stellarium.org/es/>).

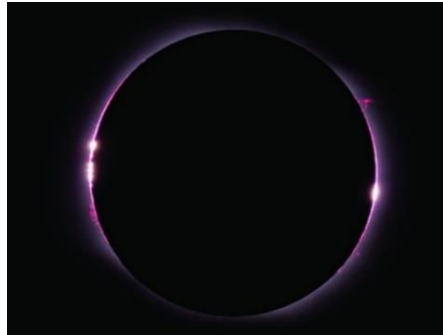
En la franja de totalidad, unos 10 minutos antes del máximo del eclipse, la oscuridad comenzará a ser manifiesta y en el cielo aparecerán tenuemente las estrellas más brillantes y algunos planetas. Cuando la Luna esté a punto de cubrir completamente el disco solar, aparecerán las hermosas “perlas o granos de Baily” o “anillo de diamantes” (e, en la Figura 8, y Figura 10), ocasionadas por los últimos rayos luminosos que se filtran entre los valles de la orografía del borde lunar. A lo largo de toda esta etapa se necesitará protección para observar el fenómeno. Finalmente, cuando el Sol se encuentre oculto íntegramente, se apreciará en todo su esplendor la corona (f en la Figura 8 y Figura 11) y algo del cielo estrellado (Figura 12). El tiempo de duración de la etapa de totalidad será variable, dependiendo del lugar en que se esté ubicado, siendo el máximo de dos minutos y algunos segundos. Cuando termine esta etapa, nuevamente aparecerán las perlas de Baily (g en la Figura 8) y una fina hoz luminosa (h, en la Figura 8), la fase parcial final del eclipse (Figura 9), que se agrandará hasta que el Sol vuelva a brillar como es habitual.

Fuera de la franja de totalidad, regiones en las que únicamente podrá verse el eclipse como parcial, luego de llegar el máximo, comenzará nuevamente a crecer la parte iluminada del Sol hasta la finalización del mismo (Figura 9). Qué tanto se ocultará el disco solar dependerá del lugar de observación. El brillo continuará siendo muy intenso, por ejemplo, con una ocultación del 98% la luz proveniente del Sol será equivalente al de unas ¡10.000 lunas llenas!, por lo que para su observación siempre se necesitará protección.

Durante la totalidad, podrán observarse la corona y la cromósfera. Ambas son capas exteriores de la atmósfera del Sol usualmente invisibles al ojo debido a la intensa luz de este astro. El brillo de la corona equivale a la de la Luna llena, por lo que es posible observarla sin protección alguna. La forma y extensión de la corona solar es distinta en cada eclipse.



**Figura 9.** Fuera de la franja de totalidad, el eclipse se verá únicamente como parcial. Cuánto del disco solar se ocultará dependerá de que tan cerca se esté de la zona de totalidad (Plaza del Cielo).



**Figura 10.** Fotografía del eclipse total del 1/8/2008, en la que se aprecian las perlas de Baily (Catalin Beldea; <https://apod.nasa.gov/apod/astropix.html>).



**Figura 11.** Fotografía de la corona solar lograda durante el eclipse del 2 julio de 2019. La forma y extensión de la corona solar es distinta en cada eclipse.



**Figura 12.** Aspecto que tendrá el cielo durante la totalidad del eclipse del 14 de diciembre de 2020, mirando en dirección al norte. Se podrán ver 4 de los 5 planetas observables a simple vista: Mercurio y Venus (el “Lucero”) al oeste, Júpiter y Saturno al Este (solo faltará Marte). También podrán contemplarse las estrellas más brillantes de las constelaciones del Escorpión y de Sagitario, más distantes la Cruz del Sur y Alfa y Beta del Centauro (los “Punteros”). Cuantos de los objetos mostrados podrán verse, dependerá de la transparencia de la atmósfera, presencia de nubes, etc. (Mapa base: *Stellarium*, <https://stellarium.org/es/>)



## CÓMO OBSERVAR EL ECLIPSE Y LOS CUIDADOS QUE DEBEN TENERSE

Es **MUY IMPORTANTE** recordar que **NUNCA** debemos **MIRAR DIRECTAMENTE AL SOL**.

DURANTE LA PARCIALIDAD, por más que la Luna tape una porción significativa del disco solar, la energía lumínica que llega del Sol alcanza de todos modos para **LASTIMAR GRAVEMENTE NUESTROS OJOS** si se lo observa sostenidamente.

DURANTE LA TOTALIDAD **SE PUEDE Y DEBEN** apartar los filtros para mirar el fenómeno directamente, a “ojo desnudo”.

**EXCEPTO DURANTE LOS 2 min DE TOTALIDAD, SIEMPRE DEBE OBSERVARSE CON PROTECCIÓN** de la manera que se indica en las páginas siguientes.

Los eclipses solares pueden ser **observados con seguridad** únicamente mediante la utilización de alguno de estos tres métodos:

- con **filtros especiales** que se describen a continuación.
- mediante una “**cámara oscura**”, utilizando la proyección del eclipse. Puede elaborarse con materiales muy económicos con suma facilidad siguiendo las indicaciones que se brindan.
- mediante una **proyección** a través de un telescopio o prismático. En este caso la luz que pasa por el instrumento se proyecta sobre una hoja blanca ubicada cerca del ocular del mismo; de esta manera, la imagen es mayor y con mejor resolución que la que se obtiene mediante una cámara oscura.

### *Filtros especiales*

La observación directa del Sol, “a simple vista”, implica la necesidad de utilizar un filtro que disminuya suficientemente la intensidad de la luz, así como las radiaciones infrarrojas y ultravioletas (que no son visibles). Pueden identificarse dos tipos de filtros, los de absorción, que retienen la radiación en exceso en su interior, y los de reflexión, que disminuyen la radiación reflejándola en la superficie anterior.

### *Filtros por absorción utilizados por soldadores*

Un elemento no diseñado específicamente para observar el Sol, pero confiable a este fin de todos modos, son los “vidrios de soldador”. Estos filtros son del tipo de “absorción”, esto es, disminuyen la intensidad de las radiaciones que llegan al observador absorbiéndolas en el material que los forman.

Debe verificarse que correspondan a la denominación DIN 14. El número se relaciona con cuánto absorbe: cuanto mayor el número más absorbente será el filtro.

Estos filtros son relativamente baratos y posibles de conseguir en ferreterías. Pueden montarse en un cartón que proyectará una sombra y hará más cómoda la observación, o hacerlo cortar en una vidriería y confeccionar un anteojo (Figura 13, izquierda). Si bien son resistentes, al ser de vidrio se pueden romper y lastimar, deben ser tratados con cierto cuidado, y tener especiales precauciones cuando los utilizan niños. El color del Sol visto a través de estos visores tiene en general una tonalidad verdosa (Figura 13, derecha).



**Figura 13.** Los “vidrios” o filtros de soldador están fabricados en vidrio, con un tamaño de unos 100 x 50 mm y 2 a 3 mm de espesor. En uno de sus bordes se indica el nivel de absorción expresada por un número de las normas alemanas DIN. El adecuado para observar el Sol es el N°14.



**Figura 14.** Izquierda, un filtro de soldadura DIN 14 montado en un cartón, como expresan las inscripciones, fue utilizado exitosamente en el eclipse de 1994. Derecha, un filtro de soldadura fue cortado en dos partes y montado sobre cartón mediante cintas adhesivas para formar un antejo. Las fotografías se obtuvieron en oportunidad del eclipse anular de Sol de 2017 observado desde la localidad de Facundo, Chubut (S. Paolantonio y M. Orellana).

### *Anteojos para eclipses solares*

Se fabrican anteojos específicos para la observación de eclipses, los cuales pueden ser de “absorción” o de “reflexión”. Los de absorción están fabricados con un material denominado “polímero negro”, y funcionan de modo similar al vidrio de soldador, absorbiendo la mayor cantidad de luz proveniente en este caso del Sol; su apariencia es la de un material de color negro mate. Los de reflexión cumplen con la misma función, pero disminuyendo la intensidad de luz solar al reflejar la mayor parte de la luz que incide en la cara anterior del antejo; este tipo de filtros están fabricados con un material denominado “mylar”, de grado óptico, que consiste en una lámina de plástico con un depósito metálico que refleja fuertemente la luz, y su aspecto es parecido al papel aluminio.

Estos filtros son montados en un armazón de cartón o cartulina gruesa con forma de anteojos. Es el método más simple, cómodo y seguro para observar un eclipse (Figura 15 y Figura 16).

El color del Sol visto a través de estos visores tiene una tonalidad amarillo-anaranjado.

Si bien su costo es bajo (en EEUU cuestan unos 0,45 dólares), en la República Argentina no es sencillo conseguirlos. Algunas instituciones usualmente los reparten masiva y gratuitamente cuando se dan estos fenómenos. También es usual que se vendan en las cercanías de las fechas de los eclipses, generalmente a precios poco favorables.



**Figura 15.** En oportunidad del eclipse anular de Sol de 2017 se utilizaron los anteojos para eclipses que fueron repartidos gratuitamente (B. García).



**Figura 16.** Dos tipos distintos de anteojos para eclipses (mylar a la izquierda, polímero negro a la derecha).

**NO** se puede utilizar para ver el eclipse vidrios ahumados, negativos velados, radiografías, diskettes, CD, DVD, envoltorios aluminizados o anteojos de sol, ya que ninguno de estos elementos filtra realmente la luz del Sol en cantidad adecuada para la visualización directa del Sol.

Aun cuando se observe el Sol a través de filtros adecuados, se recomienda **NO HACERLO DURANTE LARGOS PERÍODOS**. Es conveniente dejar “descansar” los ojos, mirar hacia otro lado por unos segundos, y volver a mirar el eclipse, y así sucesivamente.

### *Observación con telescopio o binoculares con filtro*

Dada la peligrosidad que implica el utilizar telescopios o binoculares para observar el Sol si los mismos no están filtrados adecuadamente, solo se recomiendan los filtros fabricados específicamente para estos aparatos y que se ubiquen antepuestos al objetivo (Figura 17).



**Figura 17.** Filtro solar de mylar ubicado delante del objetivo de un telescopio reflector, y la imagen del Sol que producen (Plaza del Cielo).

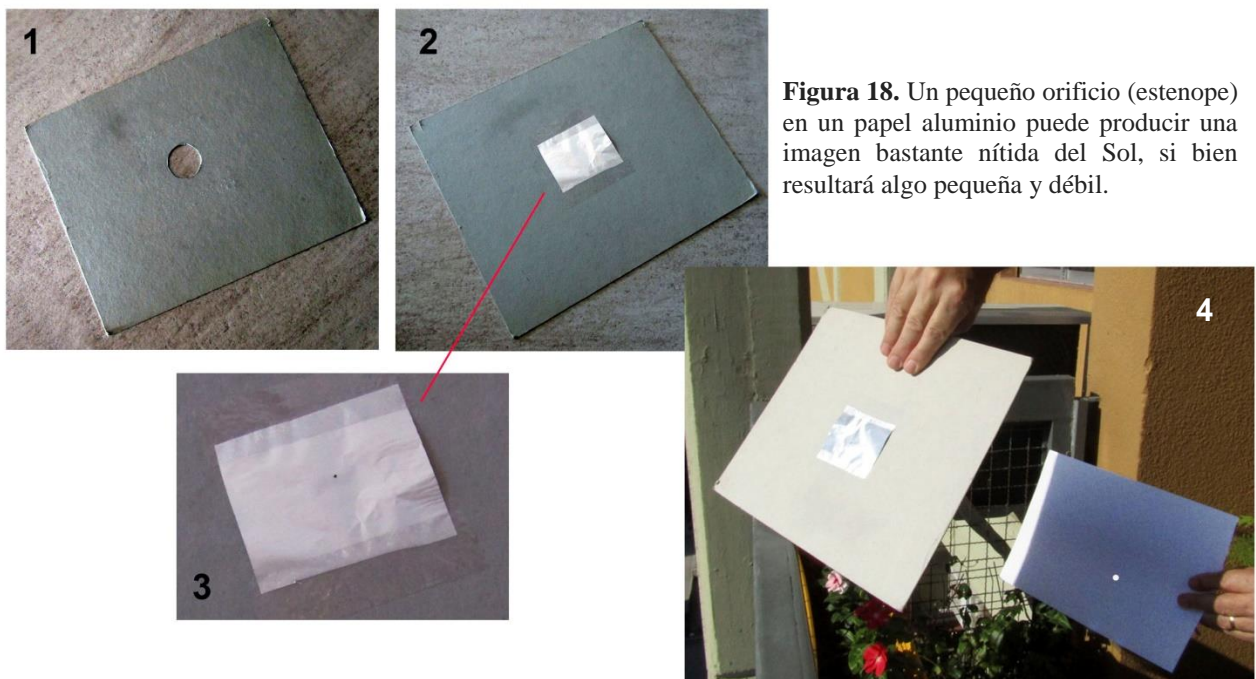
Existen algunos telescopios, en general modelos antiguos y pequeños, que traían un filtro solar para aplicarlo al ocular (donde ponemos el ojo). **NUNCA debe utilizarse este tipo de filtro**, ya que la luz del Sol pasa primero por el instrumento, el cual concentra toda la energía que transfiere la luz solar en un pequeño punto, el filtro ocular, aumentando enormemente su temperatura con riesgo de que el vidrio que lo forma se rompa, y entonces la luz concentrada incidiría directamente sobre nuestro ojo, quemándolo.

Los telescopios en general tienen un pequeño telescopio adosado el cual se denomina “buscador”, ya que se utiliza para ubicar rápidamente el objeto a observar. En caso de utilizar un filtro solar para el telescopio, es fundamental tapar muy bien el buscador de modo que no pase luz solar por él y que accidentalmente pueda incidir sobre los ojos. Del mismo modo, si se utiliza un binocular, **debe taparse uno de los dos objetivos** y filtrar el otro.

### *Cámara oscura*

Una forma muy segura para observar un eclipse de Sol es por **proyección** mediante un dispositivo clásico denominado “cámara oscura”, que puede construirse de diferentes formas.

La más sencilla requiere de una placa de material opaco y duro (cartón, metal, etc.), el cual tendrá un agujero de aproximadamente 1 cm en su centro (1, en la Figura 18). En un papel aluminio o en un trozo de lata de gaseosa se hace un simple orificio con una aguja. Es importante que el orificio no tenga rebabas (el aluminio es muy adecuado para lograr esto), y que el mismo no sea mayor al diámetro de la aguja. Como el papel aluminio es muy frágil, es conveniente primero pegarlo sobre la hoja de cartón y luego realizar el orificio con una aguja (2 y 3, en la Figura 18). Este sencillo dispositivo permitirá ver el eclipse en su etapa de parcialidad sin mayores dificultades, al proyectar la luz del Sol que pasa por el pequeño agujerito sobre una hoja de papel o sobre una pared, etc. (4 en la Figura 18).



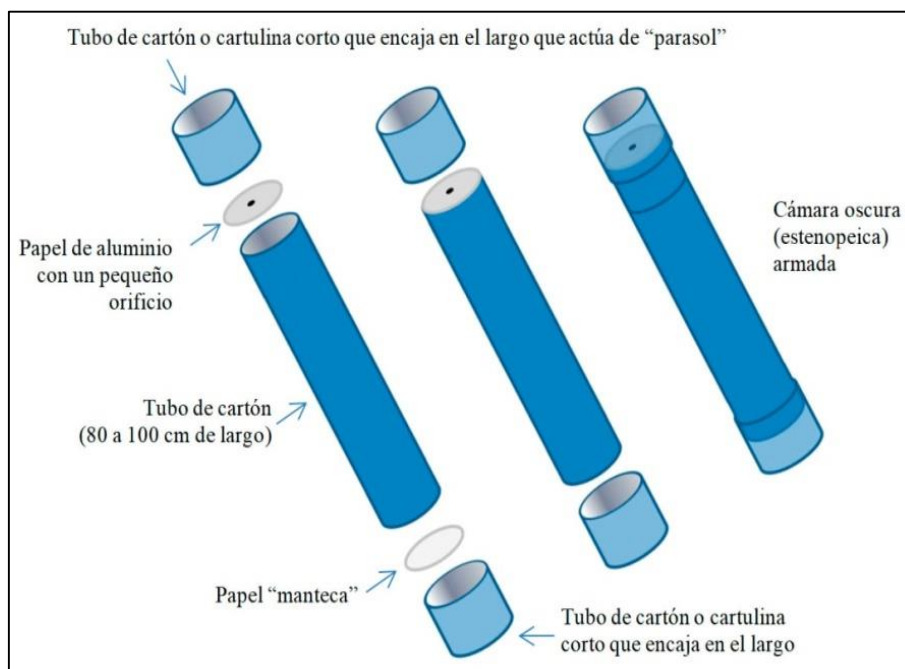


Cualquier elemento que tenga orificios (por ejemplo, un colador o rayador) generará imágenes del Sol eclipsado, incluso los espacios entre las hojas de un árbol, sobre el suelo (Figura 19).



**Figura 19.** Imágenes del Sol formadas por el follaje de un árbol y por los orificios de un colador de pastas, obtenidas desde Olivos, Buenos Aires, durante el eclipse de febrero de 2017. Las imágenes no son nítidas debido a que los orificios son grandes, si fueran más pequeños tendrían mayor definición, pero perderían brillo (Javier Ar. en *Espacio Profundo* <https://www.espacioprofundo.com.ar/>).

Para lograr una mejor visión de la imagen, se puede fabricar una “cámara oscura” tradicional. En la Figura 20 se muestra un esquema para construir una cámara oscura con un tubo de cartón o de plástico. Uno de los extremos se cierra con una hoja de “papel aluminio” y el otro con “papel manteca” (lo ideal es un papel milimetrado transparente). En el papel aluminio se realiza un orificio con una aguja. Con hojas de cartulina negra se cubren los extremos para evitar reflejos y que la luz solar moleste (Figura 20). El tubo, a modo de telescopio, se apunta con el papel milimetrado dirigido hacia el Sol y su imagen se podrá ver proyectada sobre el papel manteca (Figura 21). Se recomienda que el largo del tubo sea al menos de un metro (1 m), para que la imagen que produce tenga un tamaño de aproximadamente un centímetro (1 cm) de diámetro.



**Figura 20.** Esquema de construcción de una cámara oscura tradicional con forma de tubo.



**Figura 21.** La fotografía muestra cómo se utiliza la cámara oscura con forma de tubo, y la imagen del Sol formada en la pantalla de “papel manteca” (o milimetrado transparente). (*Plaza del Cielo*)

### *Proyección a través de un telescopio o binocular*

Cualquier dispositivo óptico (telescopios y binoculares, principalmente) pueden ser utilizados para observar el Sol, en forma indirecta, proyectando la imagen que forman sobre una pantalla, y recién entonces mirar esa imagen proyectada con nuestros ojos. En este caso la observación es muy segura y puede ser compartida simultáneamente por varias personas (Figuras 22 a 24).

Nótese que uno de los objetivos del prismático está tapado y una hoja de cartón fue colocada al frente para proyectar la sombra necesaria para poder ver una imagen con buen contraste.



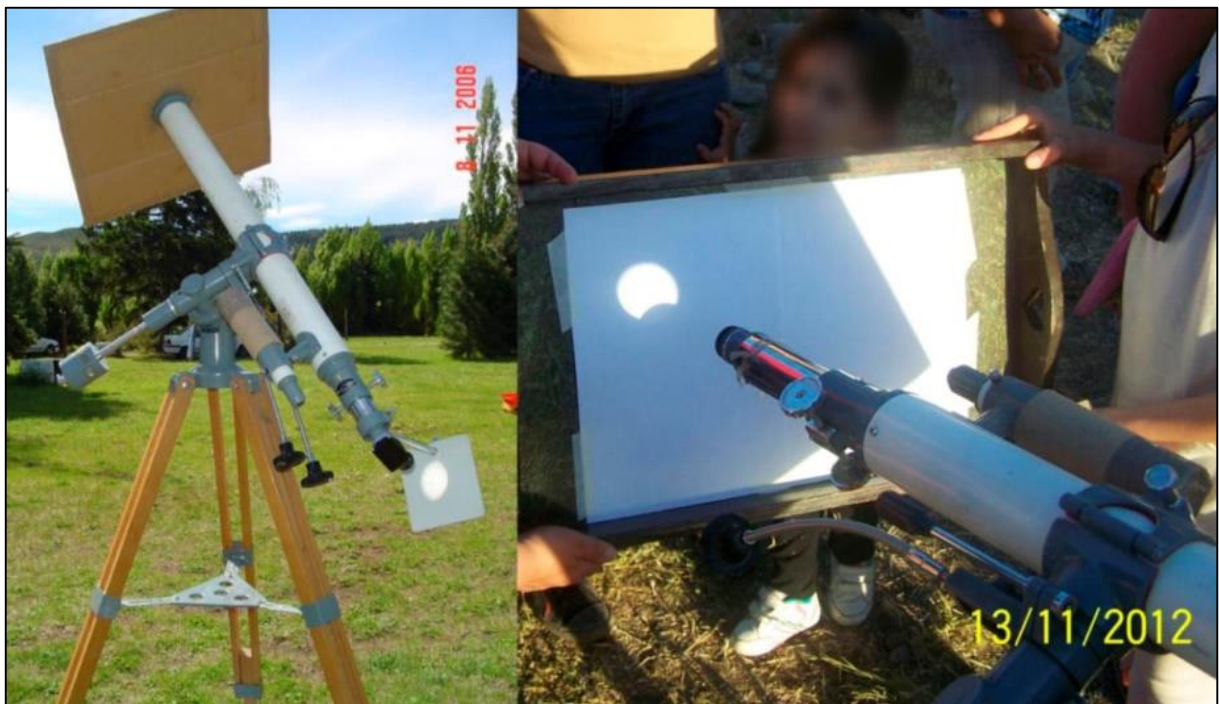
**Figura 22.** Prismático montado en un trípode dispuesto para proyectar la imagen del Sol, en oportunidad del tránsito de Mercurio del 9 de mayo de 2016.



El diámetro de la imagen del Sol para un instrumento dado (telescopio o prismático), depende de la distancia a la que se coloca la pantalla, formada por una simple hoja blanca mate (en el caso de una cámara oscura, dependerá del largo del tubo).



**Figura 23.** Proyección con un prismático durante el eclipse anular de Sol del 26 febrero de 2017 en su etapa de parcialidad. Fotografías obtenidas en la localidad de Facundo, Chubut.



**Figura 24.** Observación del Sol por proyección con un telescopio. Un gran cartón rodeando al objetivo del telescopio, bloquea la luz del Sol en la zona donde se ubican los observadores. El pequeño telescopio “buscador” está completamente tapado. (*Plaza del Cielo*)

## A MODO DE SÍNTESIS, REFORZANDO LOS CUIDADOS.

### *Precauciones*

*No se debe mirar el Sol en forma directa sin la protección adecuada. Tampoco debe hacerse durante los eclipses de Sol parciales, anulares e incluso totales, con excepción del período en que ocurre la totalidad. La intensa luz solar puede producir quemaduras irreversibles al ojo.*

*El observar a través de un instrumento, tales como prismáticos o telescopios, sin el filtro apropiado, produce en forma instantánea serios daños (la afectación a la retina ocurre más rápido de lo que un observador puede mover el ojo).*

*No sirve observar con anteojos de Sol ni mirar de reojo. Tampoco se debe utilizar vidrios ahumados, disquetes, películas fotográficas o radiográficas, filtros fotográficos, CD o DVD. El ver el Sol reflejado en la superficie del agua no es suficiente, pues la intensidad de la imagen aún es muy alta.*

*Aunque el Sol parezca tenue y no se sienta ninguna molestia al mirarlo a través de un filtro, no es garantía que la observación sea segura. Puede suceder que el filtro atenúe la luz, pero deje pasar en exceso las radiaciones infrarroja o ultravioleta, que pueden afectar el ojo.*

*Recordar que los niños son en general inquietos y muy curiosos, con ellos hay que tener especial cuidado.*

## ¿CÓMO FOTOGRAFIAR EL ECLIPSE?

Es posible registrar un eclipse solar con una cámara fotográfica que pueda enfocar a infinito, anteponiendo un filtro apropiado (Figura 25). En el mercado se venden filtros especiales para estos casos o pueden emplearse filtros de soldador DIN 14, de mylar o de polímero negro. Es importante realizar pruebas con anterioridad al evento para asegurar que se obtiene una imagen nítida. También es muy simple realizar fotografías de la imagen proyectada del Sol por alguno de los métodos descritos con anterioridad.



**Figura 25.** Izquierda, cámaras equipadas con filtros, los cuales se pueden adquirir en comercios especializados. Derecha, cámara equipada con un filtro de soldador, se cubrió el conjunto con un grueso plástico negro para evitar reflejos y facilitar la visión de la pantalla de la máquina. Las dos imágenes fueron obtenidas en oportunidad del eclipse anular de Sol del 26 de febrero de 2017 en la localidad de Facundo, Chubut.

## DATOS PARA LA OBSERVACIÓN DEL ECLIPSE TOTAL EN DISTINTOS PUNTOS

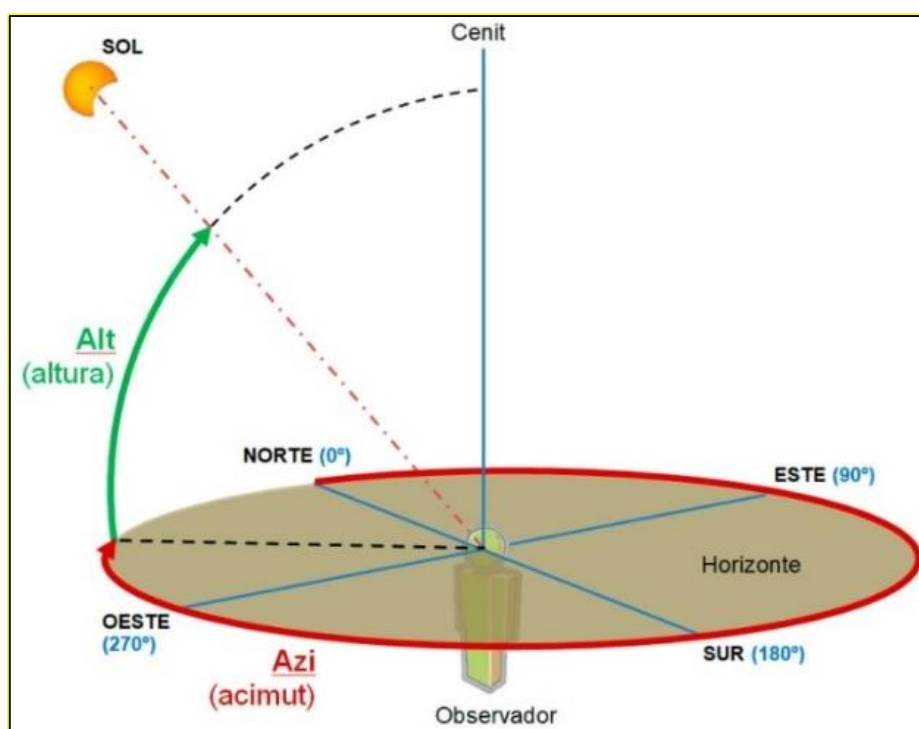
A continuación se brindan diversos datos sobre las circunstancias con que se dará el eclipse del 14 de diciembre de 2020, en localidades en las que se lo verá como total y en las que se lo apreciará únicamente como parcial (Figura 27 a Figura 31) (tomado de Xavier M. Jubier: [http://xjubier.free.fr/en/site\\_pages/solar\\_eclipses/TSE\\_2020\\_GoogleMapFull.html](http://xjubier.free.fr/en/site_pages/solar_eclipses/TSE_2020_GoogleMapFull.html) ).

En cada cuadro inserto en las Figuras antes indicadas, en la columna “h, min y s”, se incluye el instante de tiempo (Hora Oficial Argentina) en que ocurrirá el inicio, máximo y fin del fenómeno en su etapa parcial y total, para el centro aproximadamente de cada una de las localidades (los tiempos pueden variar en fracciones de segundo según el lugar exacto desde donde se contemple el fenómeno).

En la columna “Altura”, se indica la altura sobre el horizonte a la que se encontrará el Sol, y en la columna “Azi”, la posición horizontal, esto es, el ángulo entre el punto cardinal Norte hasta el Sol (medido como positivo desde el Norte hacia el Este) (Figura 26).

En los cuadros se incluye también la duración de la totalidad, esto es, el tiempo en que el Sol se encontrará totalmente ocultado por la Luna, intervalo en el que se podrá ver la Corona.

El último dato incluido es el porcentaje de oscurecimiento, relacionado con la fracción del disco solar que estará oculto en el momento del máximo del eclipse, si es total, será del 100%, si es parcial, variará entre 0% y 99,99% de acuerdo al lugar desde el cual se lo observe.



**Figura 26.** Esquema explicativo de los parámetros “Alt” (altura) y “Azi” (acimut) incluidos en los cuadros de las páginas siguientes.

La Figura 32 presenta la información general del eclipse total de Sol del 14 de diciembre de 2020, provista por la página oficial de la NASA dedicada a eclipses.



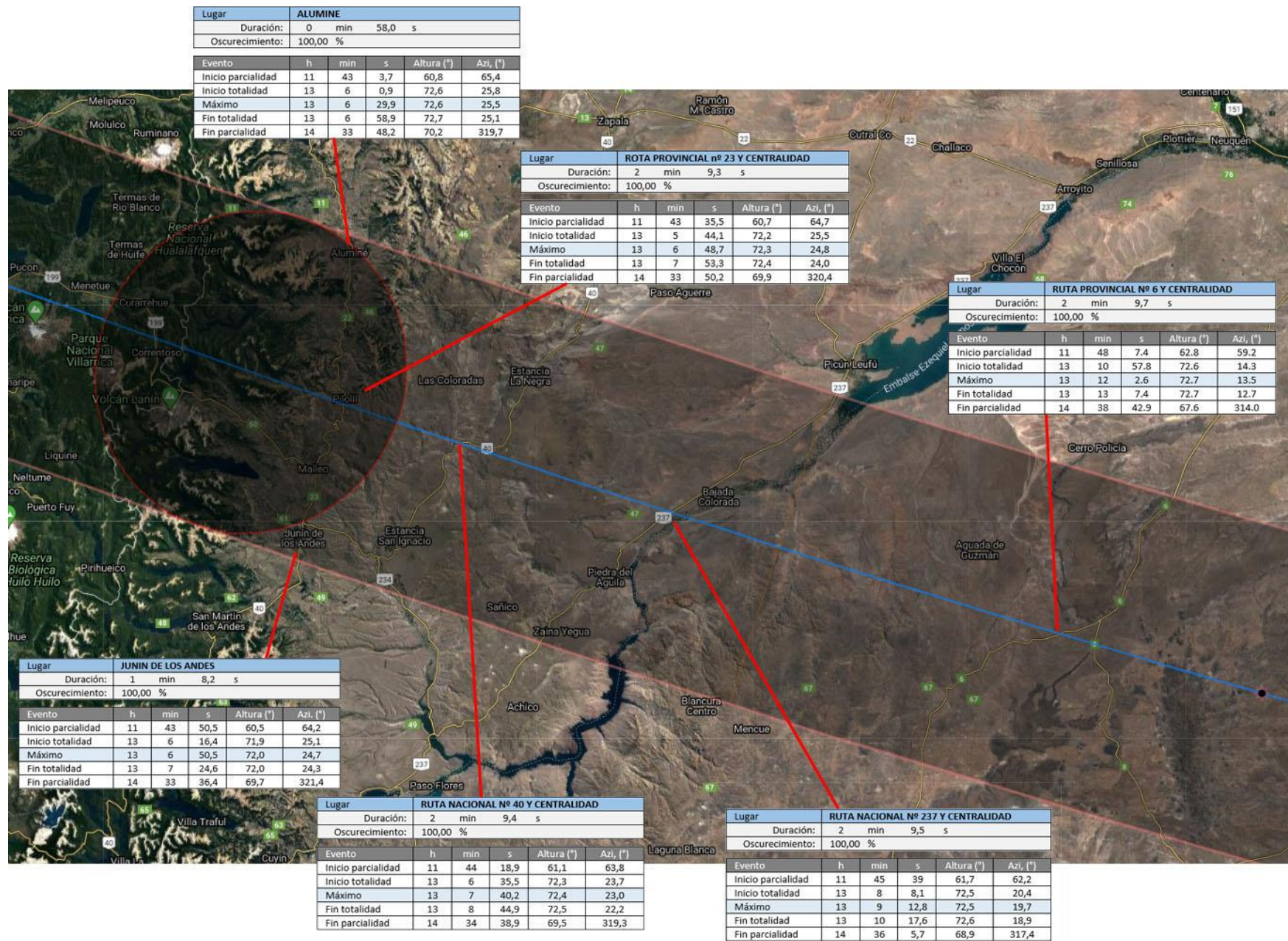


Figura 27. Datos para algunas localidades en la franja de totalidad.



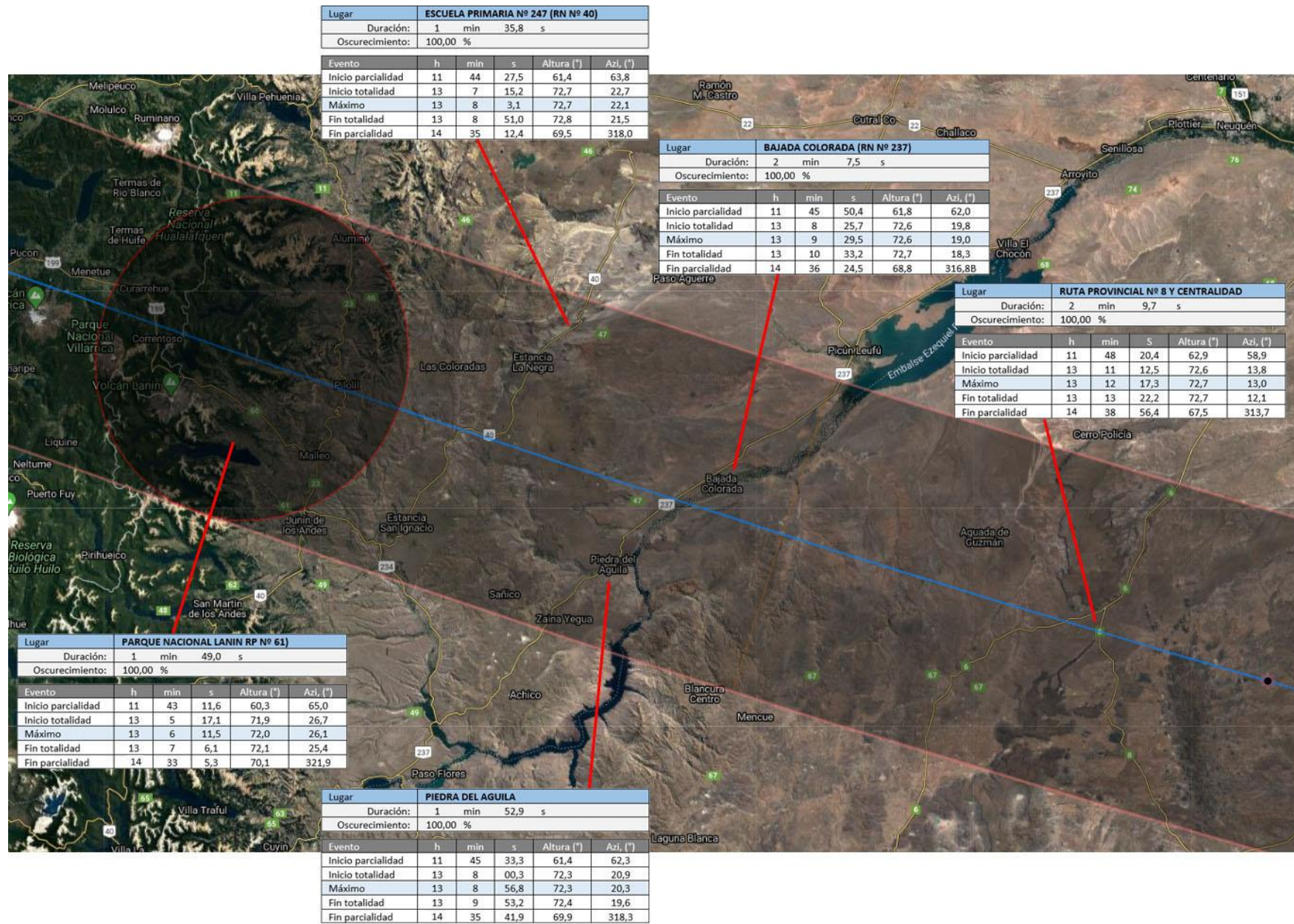


Figura 28. Datos para algunas localidades en la franja de totalidad.



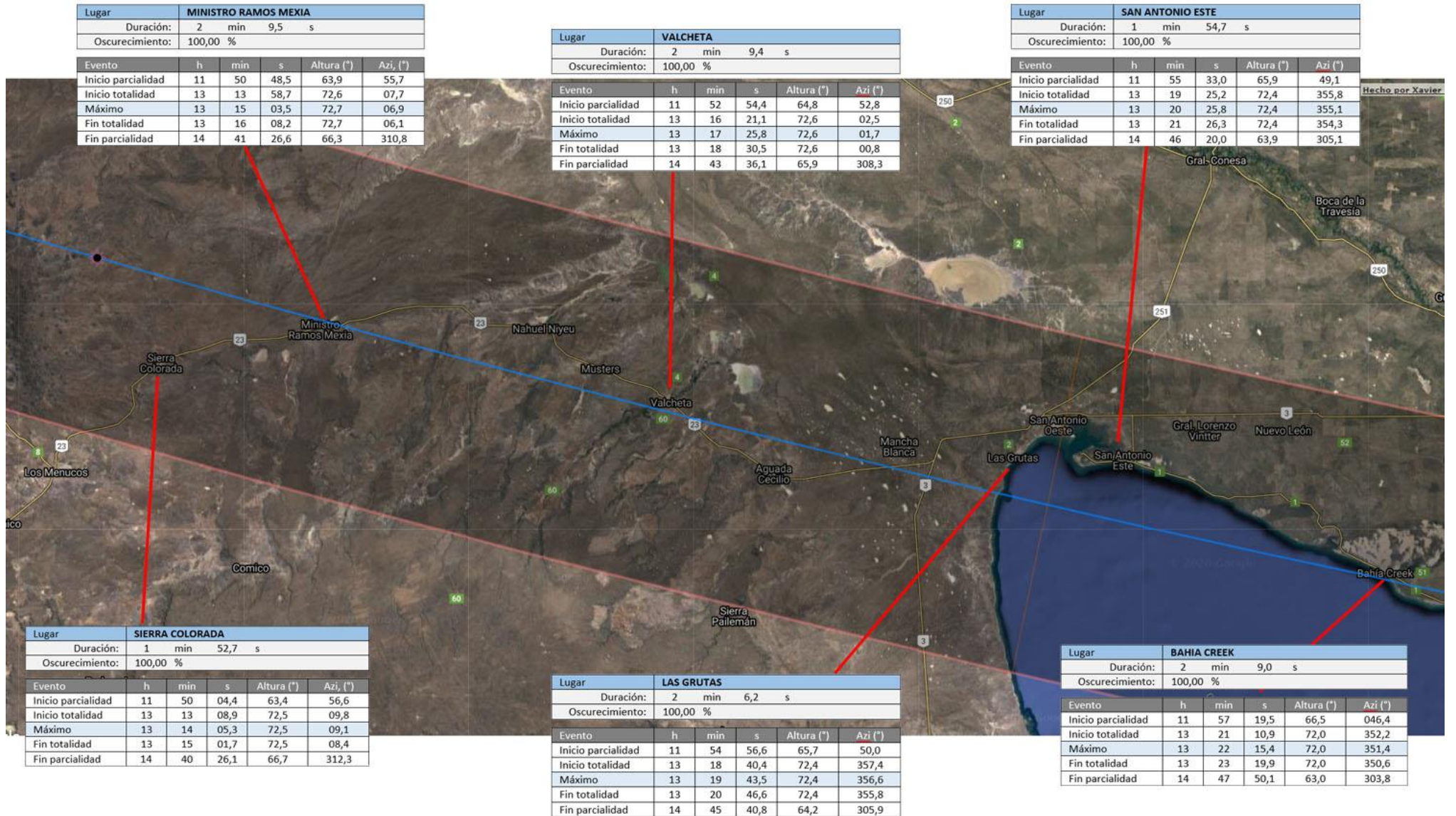


Figura 29. Datos para algunas localidades en la franja de totalidad.





**Figura 30.** Datos correspondientes para algunas localidades en la zona de parcialidad, al norte de la franja de totalidad (los números en rojo indican el porcentaje de oscurecimiento, relacionado con la fracción del disco solar que estará oculto en el momento del máximo del eclipse).





**Figura 31.** Datos correspondientes para algunas localidades en la zona de parcialidad, al sur de la franja de totalidad.

Los números en rojo indican el porcentaje de oscurecimiento, relacionado con la fracción del disco solar que estará oculto en el momento del máximo del eclipse.

## Total Solar Eclipse of 2020 Dec 14

Geocentric Conjunction = 16:18:05.4 UT    J.D. = 2459198.179230

Greatest Eclipse = 16:13:22.9 UT    J.D. = 2459198.175959

Eclipse Magnitude = 1.0254    Gamma = -0.2940

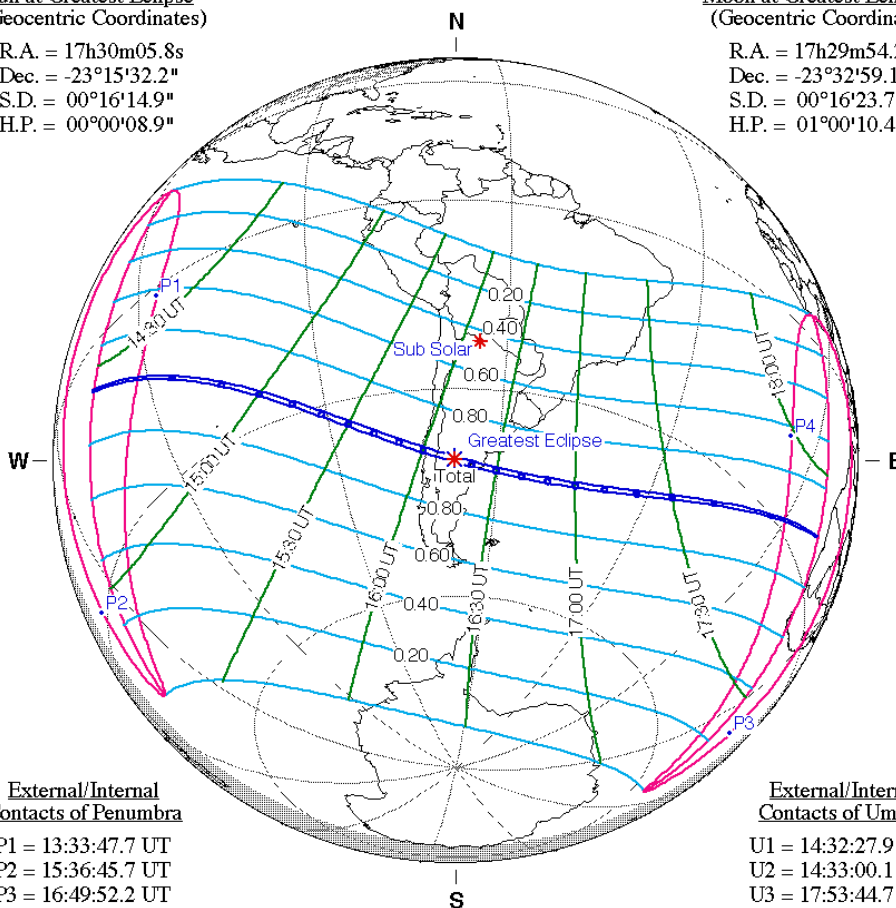
Saros Series = 142    Member = 23 of 72

**Sun at Greatest Eclipse**  
(Geocentric Coordinates)

R.A. = 17h30m05.8s  
Dec. = -23°15'32.2"  
S.D. = 00°16'14.9"  
H.P. = 00°00'08.9"

**Moon at Greatest Eclipse**  
(Geocentric Coordinates)

R.A. = 17h29m54.2s  
Dec. = -23°32'59.1"  
S.D. = 00°16'23.7"  
H.P. = 01°00'10.4"



**External/Internal Contacts of Penumbra**

P1 = 13:33:47.7 UT  
P2 = 15:36:45.7 UT  
P3 = 16:49:52.2 UT  
P4 = 18:52:59.8 UT

**Ephemeris & Constants**

Eph. = Newcomb/ILE  
 $\Delta T = 77.7$  s  
k1 = 0.2724880  
k2 = 0.2722810  
 $\Delta b = 0.0''$      $\Delta l = 0.0''$

**Local Circumstances at Greatest Eclipse**

Lat. = 40°20.5'S    Sun Alt. = 72.7°  
Long. = 067°56.1'W    Sun Azm. = 10.3°  
Path Width = 90.2 km    Duration = 02m09.6s

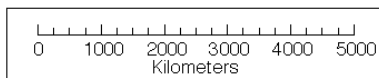
**External/Internal Contacts of Umbra**

U1 = 14:32:27.9 UT  
U2 = 14:33:00.1 UT  
U3 = 17:53:44.7 UT  
U4 = 17:54:12.9 UT

**Geocentric Libration**  
(Optical + Physical)

l = 3.49°  
b = 0.41°  
c = 1.47°

Brown Lun. No. = 1212



*F. Espenak, NASA's GSFC - Fri, Jul 2,  
sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/eclipse.html*

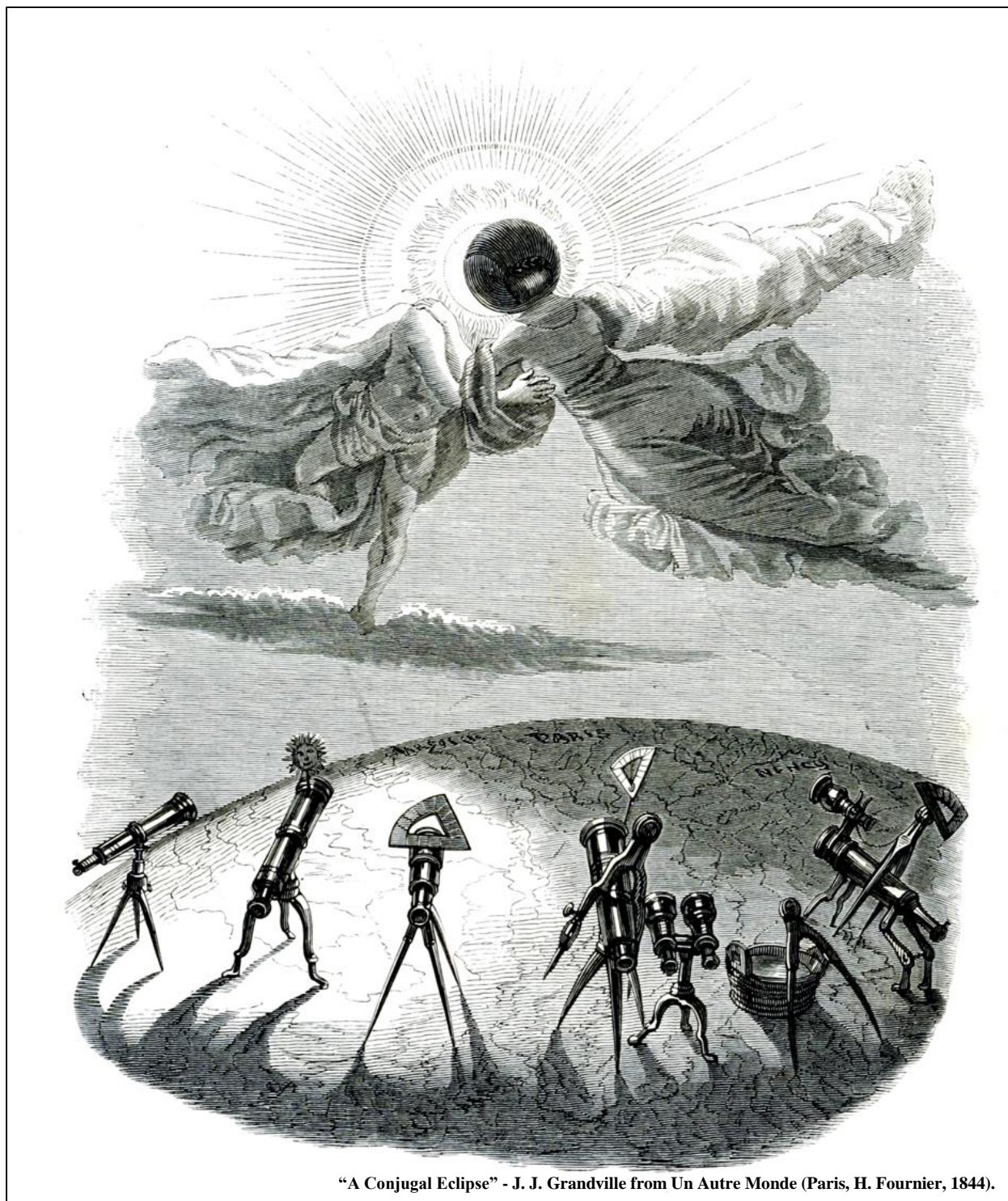
**Figura 32.** Información general del eclipse total de Sol del 14 de diciembre de 2020.  
Fuente: NASA Eclipse (<https://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEplot/SEplot2001/SE2020Dec14T.GIF>)





# Los eclipses totales de Sol y su enseñanza

---



Santiago Paolantonio- Néstor Camino

---





# LOS ECLIPSES TOTALES DE SOL Y SU ENSEÑANZA

Santiago Paolantonio<sup>1</sup> y Néstor Camino<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Museo Astronómico, Observatorio Astronómico de Córdoba, Córdoba, Argentina. [paolantoniosantiago@gmail.com](mailto:paolantoniosantiago@gmail.com)

<sup>2</sup> Complejo Plaza del Cielo – CONICET-FHCS UNPSJB. Esquel, Chubut, Argentina. [nestor.camino.esquel@gmail.com](mailto:nestor.camino.esquel@gmail.com)

---

## SOBRE ESTE DOCUMENTO

El presente texto tiene como propósito facilitar a los docentes algunos elementos y propuestas para la enseñanza de los eclipses, en el contexto del abordaje de la Astronomía y la ciencia en general en la Educación Obligatoria.

El primer apartado, “Eclipses de Sol”, trata sobre algunos aspectos de los eclipses, en particular los solares, vinculados con los conocimientos actuales sobre por qué y cómo suceden estos fenómenos. Teniendo en cuenta que existe una abundante bibliografía sobre el tema, únicamente se hace hincapié en aquellos aspectos que se consideran más relevantes y útiles para la tarea docente, en relación con lo que se espera que aprendan los estudiantes en su paso por la escuela. Se incluyen numerosos gráficos destinados a clarificar las distintas cuestiones tratadas, así como reflexiones sobre la importancia de su empleo.

En “Algunas propuestas para la enseñanza de los eclipses”, se brindan sugerencias de actividades para la enseñanza de los eclipses y, en particular, para llevar adelante en ocasión del eclipse total de Sol que tendrá lugar el 14 de diciembre de 2020<sup>4</sup>. Las actividades incluidas en este ítem, no se encuentran diferenciadas por nivel educativo, debiendo el maestro o profesor decidir si son adecuadas para el grupo de estudiantes que tiene a cargo y efectuar las adaptaciones que considere necesarias, enmarcadas en los Diseños Curriculares. Además, se han incluido numerosos vínculos a las distintas fuentes utilizadas para elaborar el presente texto y bibliografía sugerida que podrán ser de utilidad para la tarea docente.

*Aclaración.* En todos los casos en que se incluye un mapa o representación de la Tierra (a excepción de la Figura 9), se lo ha dibujado con el Sur en dirección a la parte superior de la página, no respetando lo convencional (el Norte “para arriba”). Esto se realiza teniendo en cuenta que en el espacio no existen puntos de referencia ni direcciones absolutas y como reivindicación de nuestra posición austral en el planeta. Sobre la importancia del empleo de mapas “invertidos” o “rotados”<sup>5</sup> en el contexto escolar, se recomienda la lectura de: Tignanelli, H. (2010). *La escuela da vuelta el mundo*. Ministerio de Educación de la República Argentina, Dirección Nacional de Educación Primaria, Áreas Curriculares, Ciencias Naturales, disponible en <http://www.fundacionconsenso.org.ar/dossier.pdf>, en el que además se incluye una importante bibliografía; Camino, Néstor, et alii. “Observación conjunta del Equinoccio de marzo, Proyecto CTS 4 – Enseñanza de la Astronomía”. Caderno N°31 (número especial), Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. Junio de 2009. [http://www.sbpnet.org.br/site/publicacoes/outras-publicacoes/caderno\\_digital/caderno\\_31.pdf](http://www.sbpnet.org.br/site/publicacoes/outras-publicacoes/caderno_digital/caderno_31.pdf); y además explorar el sitio web del Proyecto Internacional Globo Local [http://www.globolocal.net/esp/index\\_esp.html](http://www.globolocal.net/esp/index_esp.html).

---

<sup>4</sup> Sobre las circunstancias en que sucederá este eclipse para distintas localidades de la Patagonia y de Argentina, y los distintos métodos para su observación, se puede consultar el documento “Eclipse total de Sol del 14 de diciembre de 2020. Visibilidad. Sugerencias para su observación”. Disponible en <http://eclipse2020.uncoma.edu.ar/index.php/documentos-generales/>

<sup>5</sup> En el sitio web oficial del Instituto Geográfico Nacional, se pueden descargar planisferios y mapas invertidos de la República Argentina (<http://www.ign.gob.ar/AreaServicios/Descargas/MapasEscolares>).

## INTRODUCCIÓN

Los fenómenos celestes fueron centro de interés del ser humano desde tiempos remotos, y en un comienzo su estudio se relacionó con la atención de algunas de las necesidades básicas de las primeras sociedades. Más allá de la indiscutida utilidad práctica, vinculada por ejemplo al posicionamiento sobre la Tierra y a la determinación del tiempo, las investigaciones astronómicas aportaron significativamente al conocimiento del universo, así como a las ciencias y la tecnología en general. Permitieron dilucidar la forma, dinámica y composición física de los objetos y estructuras cósmicas, a la vez que provocaron grandes procesos de unificación, tal como la de los fenómenos celestes y terrestres a través de la Teoría General de la Gravitación, y postular la universalidad de las leyes físicas. Los estudios astrofísicos fueron importantes para el desarrollo de la física nuclear y de partículas, y el modelo de evolución estelar hizo posible explicar la génesis de los elementos químicos. La necesidad de llegar a los límites instrumentales para afrontar los retos que implicaron sus objetos de estudio, provocó notables avances en los campos de la mecánica y la óptica. Pero tal vez, las contribuciones más relevantes de esta ciencia, sean sus aportes a dar respuesta a preguntas fundamentales que se realiza la humanidad, como cuál es nuestro lugar en el universo.

### *Astronomía: una ciencia con renovados retos*

A pesar de la antigüedad de la Astronomía, predecesora de la Física y la Química, en la actualidad esta ciencia sigue ofreciendo numerosos desafíos. La Astronomía se encuentra transitando una época de oro, los sostenidos avances tecnológicos que se vienen sucediendo en los últimos tiempos han llevado a corroboraciones y descubrimientos que están posibilitando una expansión sin precedentes del conocimiento sobre el universo, superando ampliamente todo lo antes conocido<sup>6</sup>. A modo de ejemplo, una de las investigaciones revolucionarias en curso es la detección de planetas con características similares a la Tierra en otras estrellas, lo que ha provocado un cambio dramático en las consideraciones sobre las posibilidades de vida extraterrestre, línea de investigación que desde mediados del siglo XX evolucionó hasta la conformación de una nueva disciplina científica: la Astrobiología<sup>7</sup>.

En las últimas décadas, las inversiones internacionales en proyectos astronómicos, principalmente centradas en la construcción de complejos observacionales con bases terrestres y espaciales, no paran de aumentar. Un caso cercano es lo que ocurre en la zona norte de Chile, región que cuenta con una de las mayores concentraciones de instrumental astronómico del mundo. Distintas entidades multinacionales, tales como el Observatorio Europeo Austral, el Observatorio Interamericano del Cerro Tololo y el Observatorio Gemini, entre otros, están realizando en la región gastos que se cuentan en miles de millones de dólares. Argentina no es ajena a este movimiento, si se tiene en cuenta que participa en varios programas internacionales, tal como el Observatorio Gemini y el Observatorio Pierre Auger Sur<sup>8</sup>. A la vez, el país se encuentra abocado a la instalación de nuevos sitios de observación, tal como el Centro Astronómico del Cerro Macón en la puna salteña<sup>9</sup> y el Proyecto Llama de radioastronomía, que se está instalando también en esa provincia del norte<sup>10</sup>.

---

<sup>6</sup> Gaillard, P.; Cesarski, C. (2009). Catherine Cesarski: Vivimos la edad de oro de la Astronomía. El Correo de la UNESCO, 1, 16-17. Disponible en [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000186535\\_spa](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000186535_spa).

<sup>7</sup> Sobre el tema se puede consultar [www.iac.es/gabinete/difus/ciencia/annia/astrobio.htm](http://www.iac.es/gabinete/difus/ciencia/annia/astrobio.htm).

<sup>8</sup> El Observatorio Géminis consta de dos telescopios de 8 metros de diámetro, uno ubicado en Chile y otro Hawái ([www.geminiargentina.mincyt.gob.ar/](http://www.geminiargentina.mincyt.gob.ar/)). El Observatorio Pierre Auger Sur es el mayor del mundo destinado a la detección de rayos cósmicos ([www.auger.org.ar/argentina/pierre\\_auger.shtml](http://www.auger.org.ar/argentina/pierre_auger.shtml)).

<sup>9</sup> <https://cam.unc.edu.ar/>

<sup>10</sup> [www.llamaobservatory.org/presentations.htm](http://www.llamaobservatory.org/presentations.htm)

## *La Astronomía en Argentina*

El desarrollo de la Astronomía en la República Argentina es sumamente ponderable, contando en su haber logros reconocidos internacionalmente. En el país, los estudios astronómicos comenzaron tempranamente, apenas una década después de la declaración de la independencia, cuando en oportunidad de la creación de la Universidad de Buenos Aires, se contrató al científico piamontés Octavio F. Mossotti como profesor de Física y Astronomía, y para la formación de un pequeño observatorio<sup>11</sup>.

Años más tarde, en la década de 1870, en la ciudad de Córdoba se inició la institucionalización definitiva de esta ciencia, con la fundación del Observatorio Nacional Argentino. En esta institución se gestaron otras de gran importancia como la Oficina Meteorológica Argentina en 1872 y la Asociación Física Argentina y la Asociación Astronómica Argentina a mediados del siglo XX. Se desarrollaron numerosos estudios que contribuyeron al conocimiento de los cielos australes, publicándose famosas obras como la Uranometría Argentina, el Córdoba Durchmusterung y el Atlas de Galaxias Australes. A la vez, la presencia de destacados científicos y técnicos hizo posible la sistematización de las unidades de pesos y medidas locales, fundamental para el desarrollo comercial e industrial, la emisión de señales de tiempo, que permitió la unificación de la hora en todo el territorio nacional, y el posicionamiento geográfico de las principales ciudades, todo lo cual contribuyó a la conformación de la Nación Argentina<sup>12</sup>.

Otro tanto ocurrió con el resto de establecimientos astronómicos que se crearon con posterioridad: el Observatorio Astronómico de La Plata (1883), el Observatorio de Física Cósmica de San Miguel (1935), el Observatorio Astronómico Félix Aguilar (1953), el Instituto Argentino de Radioastronomía (1966), el Instituto de Astronomía y Física del Espacio (1969), el Instituto de Astronomía Teórica y Experimental (1985), el Complejo Astronómico El Leoncito (1986), el Observatorio Pierre Auger Sur (2008) y el Instituto de Ciencias Astronómicas, de la Tierra y del Espacio (2009)<sup>13</sup>, más allá de las numerosas instituciones amateurs que desde principio del siglo XX actúan en el país<sup>14</sup>.

En síntesis, puede afirmarse que en Argentina la Astronomía forma una parte significativa de la identidad de sus ciudadanos.

---

<sup>11</sup> El pequeño observatorio ubicado en el histórico Convento de Santo Domingo, era astronómico y meteorológico. Sobre el mismo puede consultarse: “El observatorio astronómico del convento de Santo Domingo”, disponible en <https://historiadelaastronomia.wordpress.com/documentos/santo-domingo/>.

<sup>12</sup> Minniti Morgan, E. y Paolantonio, S. (2009). Córdoba Estelar. Historia del Observatorio Nacional Argentino. Observatorio Astronómico de la Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba: Editorial de la Universidad. Disponible en: <http://oac.unc.edu.ar/descargas/>.

<sup>13</sup> Sobre la historia de la Astronomía argentina se pueden consultar las Actas del workshop “Historia de la Astronomía Argentina (2009)” de la Asociación argentina de Astronomía, disponible en <http://www.astronomiaargentina.org.ar/uploads/docs/aaabs2.pdf>.

<sup>14</sup> Sobre los grupos de aficionados puede consultarse <https://sites.google.com/site/webliada/> y “Orígenes de la Astronomía amateur en Argentina”, disponible en <https://historiadelaastronomia.wordpress.com/2017/05/07/origenes-de-la-astronomia-amateur-en-argentina/>.

## LA IMPORTANCIA DE LOS ECLIPSES

Uno de los fenómenos astronómicos más notables y que a lo largo de la historia han llamado más la atención son los eclipses. La observación de estos fenómenos, el deseo de entenderlos, el descubrimiento de las regularidades con que ocurren y la consiguiente posibilidad de predecirlos, se constituyeron en importantes factores para el desarrollo de la ciencia. La predicción de los eclipses fue una de las principales preocupaciones de los astrónomos en la antigüedad.

Los descubrimientos y avances científicos consecuencia de las observaciones de los eclipses son numerosos y notables. El griego Aristarco de Samos, 23 siglos atrás, a partir del seguimiento de estos fenómenos dedujo que el Sol está mucho más lejos que la Luna y calculó la distancia Tierra-Luna expresada en radios terrestres. Hiparco de Nicea, un siglo más tarde, siguiendo un camino similar, identificó la precesión de los equinoccios<sup>15</sup>, un hecho sorprendente teniendo en cuenta que se trata de un movimiento muy lento, con un período de 26.000 años. Eclipses mencionados en el *Almagesto* de Ptolomeo y otros observados en el siglo IX por astrónomos árabes, posibilitaron en el siglo XVII descubrir la aceleración secular de la Luna y el retardo en la rotación de la Tierra. Las observaciones de los eclipses también han contribuido al estudio del complejo movimiento de la Luna<sup>16</sup>, y posibilitaron el descubrimiento y el entendimiento de la física de la corona solar y de las protuberancias. Un caso notable lo constituye el hallazgo del elemento químico Helio<sup>17</sup>, realizado durante las observaciones espectroscópicas del eclipse solar del 18 de agosto de 1868. Pero tal vez, el acontecimiento más destacado para la ciencia ocurrió en oportunidad del eclipse de mayo de 1919, durante el cual se concretó la primera contrastación exitosa de una de las predicciones de la Teoría de la Relatividad<sup>18</sup>, una de las grandes teorías científicas actuales.

Las investigaciones de los eclipses continúan teniendo gran importancia, por ejemplo, para el estudio de las condiciones físicas de la corona solar, en relación a la determinación de la distancia sobre la superficie en que se forman los iones que la componen, así como las temperaturas y las densidades involucradas. Además, en combinación con observaciones realizadas desde el espacio, permiten analizar las estructuras de las protuberancias a latitudes altas y la dinámica de las erupciones coronales.

Los estudios de estos fenómenos en la República Argentina<sup>19</sup> comenzaron a llevarse adelante desde fines del siglo XIX, principalmente en el Observatorio Astronómico de La Plata.

---

<sup>15</sup> Los equinoccios son los dos momentos del año en los que el Sol cruza el plano del ecuador celeste. Los puntos de la esfera celeste en que ocurren los equinoccios cambian, recorriendo un círculo máximo en un período de 26.000 años.

<sup>16</sup> El movimiento de la Luna es sumamente complejo debido a que está muy perturbado por los cuerpos del Sistema Solar, por lo que se constituyó en un problema de difícil resolución para los expertos en Mecánica Celeste.

<sup>17</sup> El descubrimiento del Helio tuvo un gran impacto en la Química y numerosos desarrollos tecnológicos posteriores. La importancia del Helio se destaca si se toma en cuenta que actualmente se considera que la materia normal (“bariónica”) que forma el universo, consiste en unas tres cuartas partes de Hidrógeno y un cuarto de Helio, mientras que los restantes elementos constituyen alrededor del 1% (a su vez, la materia “bariónica” solo forma una fracción menor de toda la materia existente, siendo la restante, denominada “materia oscura”, de origen desconocido).

<sup>18</sup> La predicción se vincula con la influencia del campo gravitatorio en la trayectoria de la luz. La teoría de Einstein anticipaba que la desviación de la luz proveniente de las estrellas lejanas que pasa cercana al Sol, era desviada por su masa en un valor mayor al predicho por la física clásica. Se sugiere la lectura de Einsenstaedt, J. y Passos Videira, A. A. (1998). *La Demostración Sudamericana de las Teorías de Einstein*. Ciencia Hoy, 8, 44, disponible en <http://cienciahoy.org.ar/1998/02/la-demostracion-sudamericana-de-las-teorias-de-einstein/>.

<sup>19</sup> Sobre la observación de eclipses en el país puede consultarse “Observaciones de eclipses de Sol realizadas en Argentina (1810-1950)”, disponible en <https://historiadelastronomia.wordpress.com/2018/02/17/observaciones-de-eclipses-de-sol-realizadas-en-argentina-1810-1950-i/>.



Desde entonces y hasta la actualidad, se efectúan investigaciones de física solar en diversos institutos, tal como en el desaparecido Observatorio de Física Cósmica de San Miguel<sup>20</sup> o el prestigioso Instituto de Astronomía y Física del Espacio<sup>21</sup>, en los que se han efectuado reconocidas contribuciones.

Un caso singular, que corresponde mencionar por su importancia y por haber sido protagonista el Observatorio Nacional Argentino con sede en la ciudad de Córdoba, fueron las expediciones realizadas por esta institución para observar los eclipses totales de Sol, en particular la de 1912 (Brasil), oportunidad en que se intentó por primera vez contrastar la Teoría de la Relatividad.

### ***Importancia de la enseñanza de los eclipses***

Los objetos y fenómenos estudiados por la Astronomía despiertan un vivo interés en la población de todas las edades. Esto se ve reflejado en la gran cantidad de noticias que sobre esta ciencia aparecen en la prensa nacional e internacional, las numerosas películas y documentales que se centran o hacen uso de esta temática, así como los innumerables aficionados por las cosas del cielo, muchos de los cuales forman parte de asociaciones que agrupan cientos y hasta miles de miembros<sup>22</sup>.

Las temáticas astronómicas resultan muy motivadoras para los estudiantes, de todas las edades, por lo que se presentan como ideales para aproximar en especial a niños y jóvenes a las ciencias. A la vez, son una fuente inagotable de posibilidades para desarrollar numerosos aprendizajes incluidos en los espacios curriculares de las Ciencias Naturales, tal como el movimiento, la gravitación, la energía, la fisión-fusión, el tiempo, la génesis de los elementos químicos, diversos tópicos de la óptica, la Teoría de la Relatividad, entre muchos otros.

Además, dada la naturaleza de los estudios astronómicos, los mismos son fuertemente interdisciplinarios e integradores de un gran número de conceptos de las áreas de las Ciencias Naturales, la Educación Tecnológica y las Ciencias Sociales. Entre los fenómenos astronómicos, los eclipses, por su espectacularidad y por ser fáciles de observar, resultan particularmente atractivos, por lo que se constituyen para el docente en una inmejorable oportunidad para el abordaje de la ciencia escolar.

### ***Los eclipses como proceso***

Es de suma importancia comprender, en especial pensando en la Enseñanza de la Astronomía, que los eclipses no son objetos (como la Luna, el Sol, un planeta, una galaxia, etc.).

Los eclipses son procesos, en el espacio y en el tiempo. Los eclipses, del tipo que fueran, siempre involucran a objetos, a sus posiciones y movimientos en el espacio y el tiempo, y al observador que registra tales procesos.

**Los eclipses son procesos, en el espacio y en el tiempo.**

<sup>20</sup> Sobre la creación de este instituto consultar “Observatorio de Física Cósmica de San Miguel” disponible en <https://historiadelaastronomia.wordpress.com/documentos/obsanmiguel/>.

<sup>21</sup> <http://www.iafe.uba.ar/docs/solar.html>.

<sup>22</sup> Paradójicamente, la relación que en la actualidad tienen las personas con los fenómenos celestes es cada vez menos significativa, en especial para aquellas residentes en grandes ciudades, debido en parte al progresivo aumento de la polución luminosa.

## ECLIPSES DE SOL

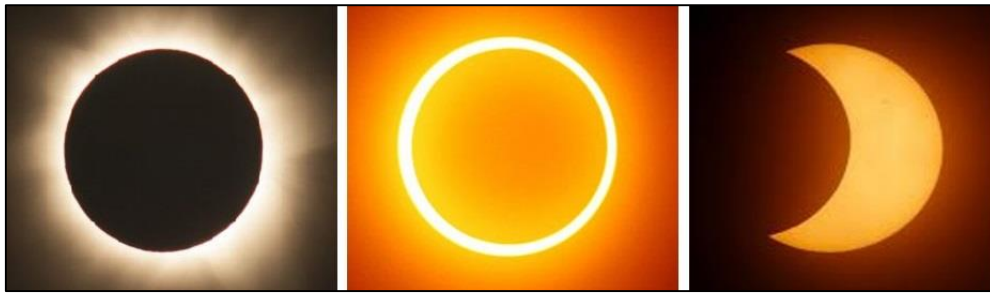
Los eclipses involucran al Sol, la Luna y la Tierra, y ocurren cuando la sombra (umbra) proyectada por la Luna toca la superficie de la Tierra (“eclipse de Sol”) o cuando la sombra de la Tierra se proyecta sobre la Luna (“eclipse de Luna”). A continuación, se analizarán algunos aspectos de los primeros.

Visto desde la Tierra, los eclipses de Sol se presentan al ser ocultado el disco solar por el disco de la Luna. Esto es posible debido a que los diámetros aparentes de ambos astros son muy similares, de aproximadamente medio grado ( $0,5^\circ$ ), una notable casualidad.

**Los eclipses de Sol son posibles debido a que, observados desde la Tierra, los tamaños aparentes del Sol y de la Luna son aproximadamente iguales.**

### *Tipos de eclipses de Sol*

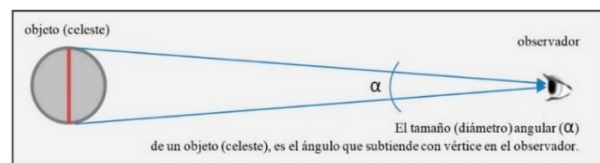
En un lugar determinado, pueden ser observados alguno de los siguientes tres tipos de eclipses solares: el total, cuando el disco del Sol es tapado completamente, el anular, cuando en el máximo se deja ver un fino anillo luminoso o el parcial, cuando solo es ocultada una fracción del disco solar (Figura 1).



**Figura 1.** Eclipses de Sol: total (izquierda), anular (centro) y parcial (derecha).

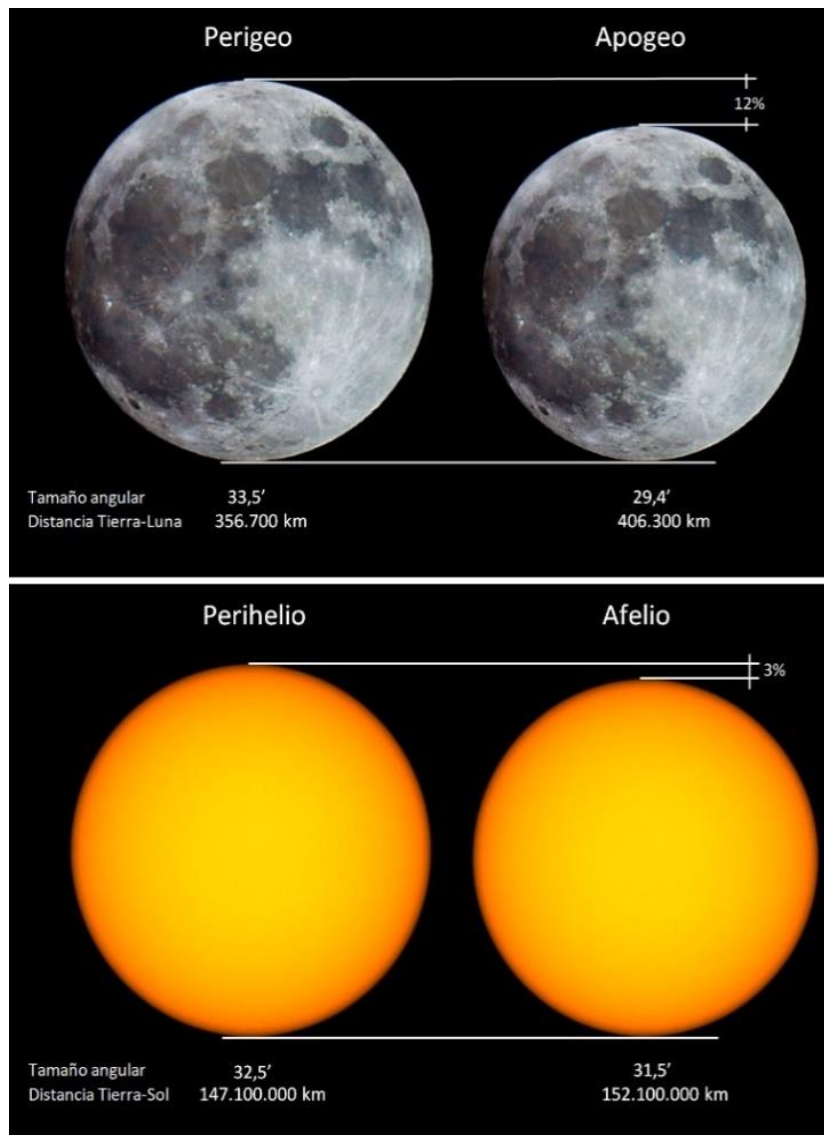
Los eclipses totales y anulares (denominados “centrales”) suceden cuando los centros de los discos de la Luna y el Sol se cruzan o lo hacen muy aproximadamente, mientras que, si esto no ocurre, el fenómeno es parcial. Existen eclipses totales y anulares debido a que los tamaños aparentes de la Luna y del Sol varían ligeramente. El diámetro angular (Figura 2) de la Luna cambia entre  $29,4'$  (minutos de arco) y  $33,5'$ , mientras que el del Sol lo hace entre  $31,5'$  y  $32,5'$ <sup>23</sup> (Figura 3). En consecuencia, en un eclipse central, si el disco lunar es mayor que el solar se lo observará como total, y si se da a la inversa, como anular.

A partir de las observaciones y registros sistemáticos de los eclipses realizadas a lo largo de la historia, en las que se determinó la forma y frecuencia con que ocurren, del conocimiento del movimiento de la Luna, sus fases, así como de la estructura y dinámica del Sistema Solar, se ha elaborado un modelo científico sobre por qué suceden estos fenómenos, la que es planteada a continuación.



**Figura 2.** Diámetro angular de un objeto celeste.

<sup>23</sup> Los valores indicados en este trabajo son medios o aproximados, pues las distancias y movimientos, en especial de la Luna, varían notablemente. Los valores exactos en general no son necesarios para cumplir con los objetivos del presente texto. Existe una abundante bibliografía en la que se dan con precisión y se discuten los distintos valores incluidos en este documento.



**Figura 3.** Variaciones del diámetro angular de la Luna y el Sol, vistos desde la Tierra<sup>24</sup>

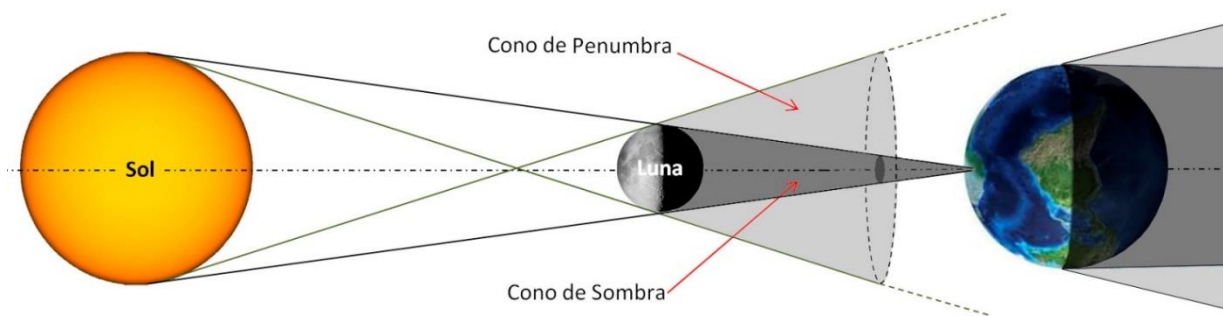
### *Umbras y Penumbras en el Sistema Tierra-Luna-Sol*

La Luna proyecta conos de sombra y de penumbra por la luz proveniente del Sol, definidos por los rayos tangentes a las superficies del Sol y de la Luna (Figura 4). El cono de sombra lunar, tiene como base a este astro, mientras que su vértice se ubica a una distancia similar a la que la separa de la Tierra. En cuanto a la sombra que proyecta la Tierra, resulta ser unas 4 veces más larga que la sombra lunar, dado que su diámetro es la misma cantidad de veces mayor que el diámetro lunar.

En los eclipses de Sol, la Luna se ubicará entre el Sol y la Tierra, su parte iluminada no se podrá ver desde la Tierra, por lo que la fase que tendrá es “Nueva”. En cuanto a los eclipses de Luna, la Tierra se ubicará entre el Sol y la Luna, por lo que se verá su parte iluminada y la fase será “Llena”.

**Los eclipses de Luna suceden siempre en Luna Llena.  
Los eclipses de Sol suceden siempre en Luna Nueva.**

<sup>24</sup> Figura elaborada a partir de la idea de Anthony Ayiomamitis, [www.perseus.gr/](http://www.perseus.gr/), tomada de Camino, 2017.



**Figura 4.** Conos de sombra (umbra) y penumbra proyectados por la Luna (fuera de escala).

La coincidencia de los tamaños aparentes (o “angulares”, ver Anexo 1) de los discos del Sol y la Luna es consecuencia de que si bien el diámetro lineal del Sol es unas 400 veces mayor que el de la Luna ( $\approx 1.390.000$  km contra  $\approx 3.476$  km), su distancia a la Tierra es también unas 400 veces mayor que la separación Tierra-Luna ( $\approx 149.600.000$  km contra  $\approx 384.400$  km). Pero debido a que las órbitas (trayectorias que recorren en el espacio) de la Luna en torno a la Tierra y de la Tierra en torno al Sol son elípticas, sus tamaños aparentes varían ligeramente, tal como se mencionó anteriormente, según se encuentren en su posición más cercana o más lejana<sup>25</sup> al cuerpo central.

**El diámetro aparente de la Luna varía un 12%, mientras que el solar solo en un 3%, debido a que la órbita de la Tierra es menos excéntrica que la de la Luna.**

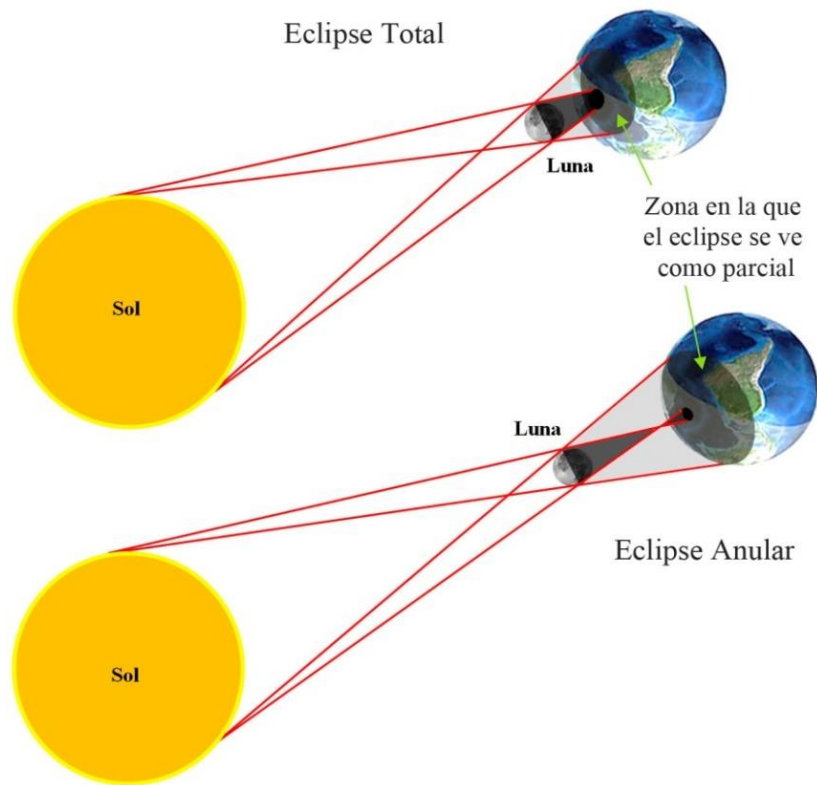
Por lo expresado, se deduce que en los eclipses centrales no siempre la Luna puede tapar completamente al disco solar (Figuras 1 y 5):

- Si la Luna se encontrara en su posición más alejada de la Tierra, el “apogeo” (diámetro angular de la Luna de 29,4’), no podría tapar por completo al Sol, pues, aunque la Tierra estuviera a su vez en su posición más alejada del Sol, el “afelio” (diámetro solar de 32,5’), de todos modos, éste sería mayor que el lunar. La distancia Tierra-Luna sería mayor que la longitud de la sombra proyectada por la Luna, y en el momento del máximo del eclipse, se vería un fino anillo de luz rodeando al disco oscuro de la Luna. El eclipse sería anular.
- Si la Luna se encontrara en su posición más cercana a la Tierra, el “perigeo” (diámetro angular de la Luna de 33,5’), siempre puede tapar completamente al Sol, dado que éste tiene como máximo 32,5’ de diámetro aparente. La longitud de la sombra lunar es mayor que la distancia Tierra-Luna. El eclipse durará más o menos según la posición de la Tierra en su órbita, que haría variar el disco solar entre 31,5’ y 32,5’. El eclipse sería total.

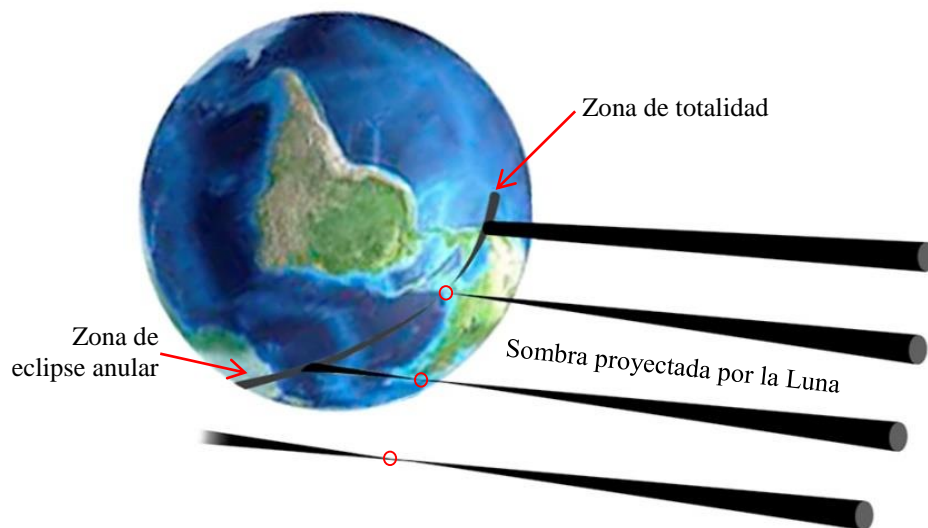
A distancias intermedias sucede uno u otro tipo de fenómeno de acuerdo con los valores de las mismas. Incluso puede suceder que, en el transcurso del evento, al ir recorriendo la sombra la superficie de la Tierra, las distancias cambien lo suficiente como para que el eclipse pase de ser anular a total o viceversa. En este caso el eclipse se denomina híbrido (Figura 6).

<sup>25</sup> El punto de la órbita en que la distancia es menor es denominado “perigeo” para la Luna y “perihelio” para la Tierra, mientras que el punto en que es mayor, “apogeo” y “afelio”, respectivamente.





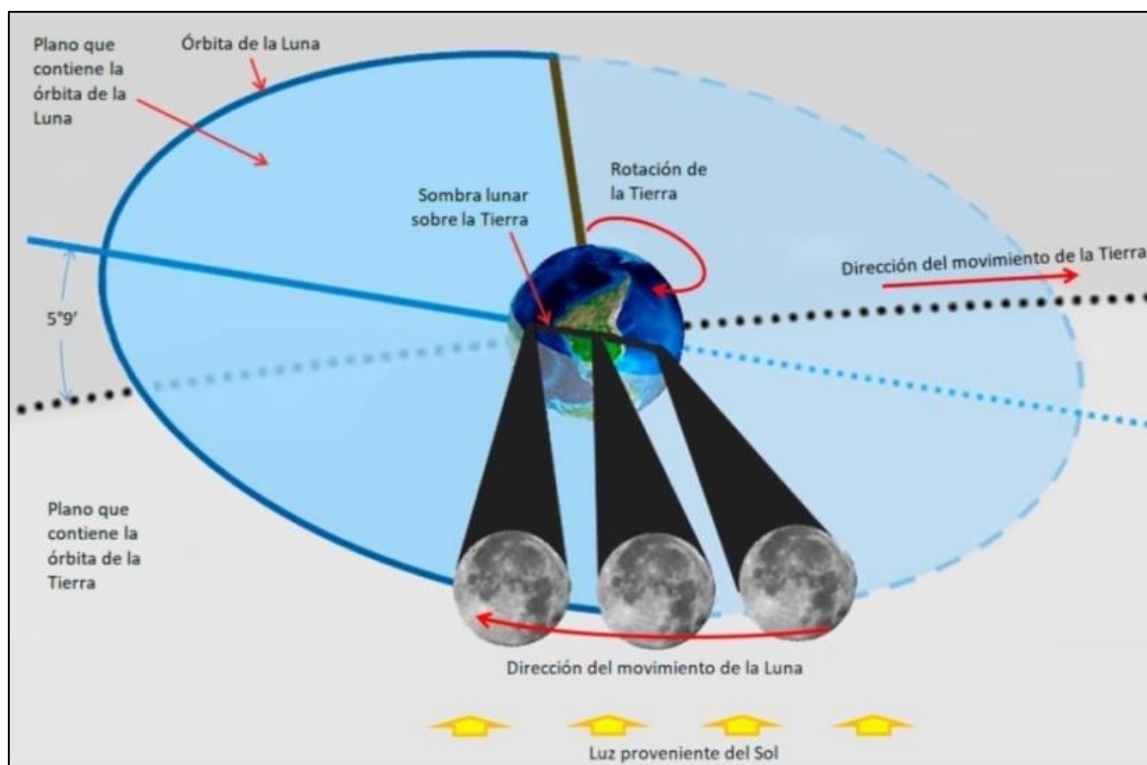
**Figura 5.** La longitud de la sombra proyectada por la luna depende de su distancia al Sol. A la vez, el tipo de eclipse también se relaciona con la distancia Tierra-Luna. Si la distancia Tierra-Luna es menor que la longitud de la sombra lunar se producirá un eclipse total. Si la distancia Tierra-Luna es mayor que la longitud de la sombra lunar se producirá un eclipse anular. (Fuera de escala).



**Figura 6.** En los eclipses híbridos, la distancia Tierra-Luna resulta ser tal que, a lo largo del evento, el vértice de la sombra lunar (en rojo) primero toca y luego deja de tocar la superficie terrestre (o viceversa), de modo que en una zona se lo observa como total y en otra (antes o después) se lo aprecia como anular. En el esquema no se representa la zona de parcialidad. (Fuera de escala).

## Zonas de visibilidad en los eclipses totales de Sol

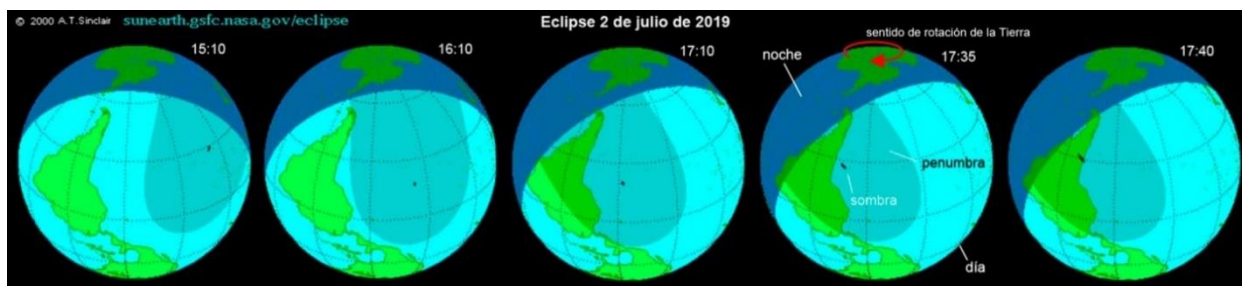
En los eclipses totales, todos los observadores ubicados en el interior del área en que la sombra lunar toca la superficie terrestre ven al Sol completamente tapado. Alrededor de esta zona, se encuentra una región mucho mayor afectada por la penumbra (Figura 7), donde el fenómeno se observa como parcial. En esta región, el Sol se ve ocultado en una fracción tanto menor cuanto mayor es la distancia a la franja de totalidad.



**Figura 7.** Durante un eclipse de Sol, la Luna y la Tierra se mueven en sus órbitas, a la vez que la Tierra gira sobre su eje, de modo que la sombra lunar traza una faja o banda sobre la superficie de la Tierra. No se representa el área de penumbra (fuera de escala).

**La descripción de los eclipses de Sol depende del lugar donde se encuentra el observador sobre la superficie terrestre.**

La zona de totalidad/anularidad y parcialidad tienen en general una forma más o menos ovalada, producto de la intersección de los conos de sombra y penumbra con la superficie terrestre (la cual no es plana, sino parte de una esfera) (Figura 8).



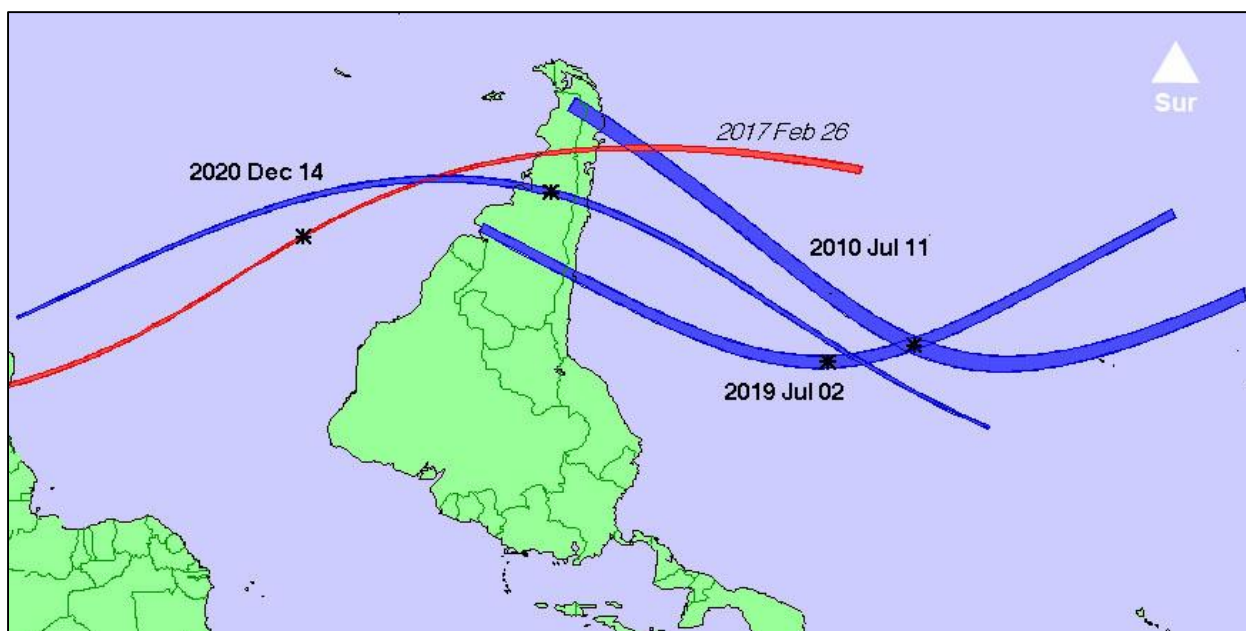
**Figura 8.** Evolución de la sombra y la penumbra sobre la Tierra durante el eclipse total de Sol de julio de 2019. (adaptado de <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEatlas/SEatlas3/SEatlas2001.GIF>).

Si bien la sección normal de la sombra lunar tiene como máximo 260 km de diámetro, si corta la superficie terrestre en forma oblicua sus dimensiones pueden ser mayores.

El área afectada cambia a lo largo del fenómeno debido a que la Luna y la Tierra se mueven, a la vez que la rotación de la Tierra incluye nuevas localidades desde donde se lo puede observar. Esta combinación de movimientos produce un área de visibilidad del eclipse con forma de faja o banda (Figura 6, 7, 8 y 10).

En el mapa de la Figura 9 se dibujaron las trayectorias de las sombras de cuatro eclipses (las fajas o bandas antes citadas), el anular del 26/2/2017 y los totales del 11/7/2010, 2/7/2019 y 14/12/2020, visibles desde algún punto del territorio continental de la República Argentina. No se marcan las áreas de parcialidad.

Este tipo de representaciones es una forma típica en que se indican los lugares que afectarán estos fenómenos. Resultan evidentes los distintos anchos de las sombras, los cuales dependen de las distancias Luna-Tierra y Sol-Tierra durante el fenómeno.



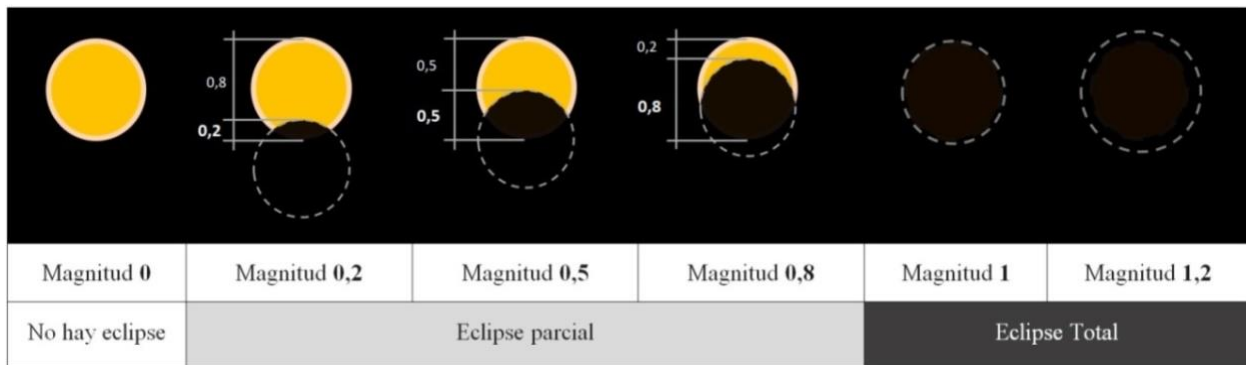
**Figura 9.** Durante un eclipse de Sol, la sombra y la penumbra recorren la superficie de la Tierra adoptando distintas formas. Se muestra, a modo de ejemplo, una sucesión de gráficos de cómo fueron las áreas afectadas por el eclipse del 2 julio de 2019, para distintos momentos del fenómeno (arriba a la derecha se indica la hora para Argentina) Una animación puede verse en <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEanimate/SEanimate2001/SE2019Jul02T.GIF> (Base <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEanimate/SEanimate2001/SE2019Jul02T.GIF>).

### ***La magnitud de un eclipse total de Sol***

Otra forma en la que usualmente se muestran las áreas en que será visible un determinado eclipse se da en la Figura 11, este caso correspondiente al eclipse del 2 de julio de 2019. En estos esquemas se marca la trayectoria de la sombra de la Luna sobre la superficie terrestre (en azul), zona en la que el evento se observa como total, y el área en que se lo ve como parcial (sombreado gris). Una serie de líneas unen los puntos en que el eclipse tiene una misma “magnitud”.

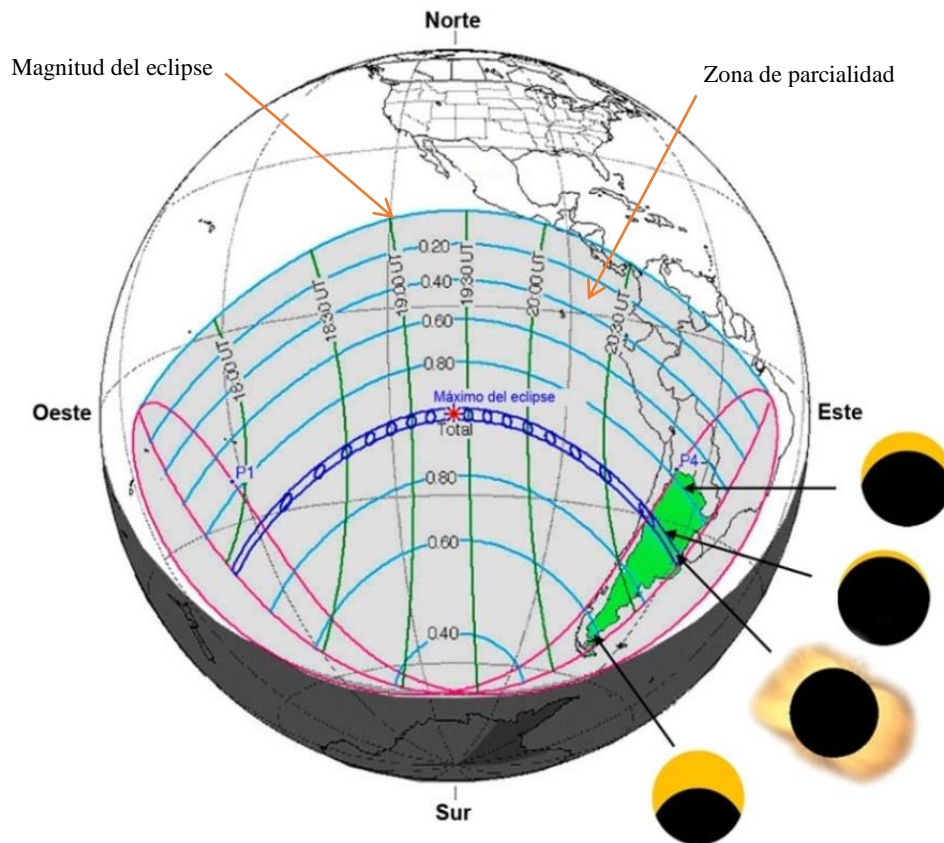
**La “magnitud” del eclipse indica la fracción del diámetro del disco solar que es ocultado por el disco de la Luna.**

La “magnitud”<sup>26</sup> del eclipse indica el valor por unidad en que el diámetro del disco solar se ocultará: 0,80 corresponde a un 80% del diámetro del disco solar ocultado (Figura 10).



**Figura 10.** Esquema explicativo del parámetro “magnitud” de un eclipse.

El eclipse del 2 de julio de 2019 tuvo, en Argentina, una magnitud de 0,8 al norte y de 0,6 en el sur (Figura 10 y Figura 11). Otro conjunto de líneas señalan los lugares en que el máximo del fenómeno ocurrirá a una hora determinada, expresada en Tiempo Universal<sup>27</sup>.



**Figura 11.** Esquema de la evolución del eclipse total de Sol del 2 de julio de 2019, en una perspectiva planetaria, indicándose las cotas de magnitud del eclipse y los instantes en que sucede el máximo del eclipse en cada lugar de observación. (adaptado de *eclipse.gsfc.nasa.gov SEplot/SEplot2001/SE2019Jul02T.GIF*)

<sup>26</sup> El “oscurecimiento” indica el porcentaje del disco solar oculto por la Luna, lo que es más “intuitivo” para un observador no especialista ya que permite imaginar directamente la cobertura del disco solar. Sugerimos ver el sitio <https://www.geogebra.org/m/SnZ7OGTJ> con el fin de comprender mejor ambos conceptos.

<sup>27</sup> Para obtener la Hora Oficial Argentina, debe restarse 3 horas al Tiempo Universal (TU).

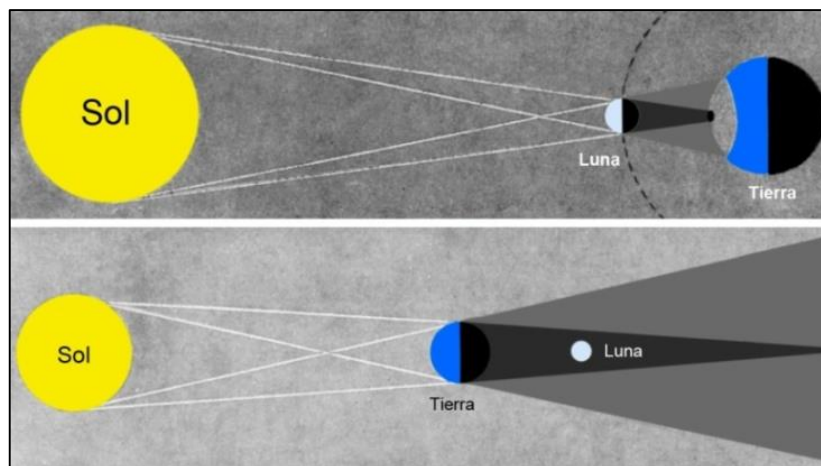


## ASPECTOS IMPORTANTES PARA LA ENSEÑANZA DE LOS ECLIPSES DE SOL

Comentaremos a continuación algunos aspectos de gran importancia para la enseñanza del fenómeno de los eclipses, en especial los de Sol, en sus diversos tipos. Algunos de estos aspectos están dirigidos a clarificar de qué manera es más adecuado didácticamente y correcto conceptualmente representar gráficamente la situación y el desarrollo de un eclipse. Asimismo, caracterizaremos con ejemplos concretos en otras configuraciones planetarias que los eclipses son un fenómeno relativo, no exclusivo de la Tierra, generalizándolos como un caso particular de las alineaciones entre objetos astronómicos en el Sistema Solar. Finalmente, haremos algunas recomendaciones didácticas y reforzaremos el cuidado a tener al observar un eclipse de Sol.

### *Algunas consideraciones sobre los gráficos utilizados para explicar los eclipses*

Los gráficos mostrados en la Figura 12, son similares a los que se presentan con frecuencia en la bibliografía escolar para explicar los eclipses de Sol y de Luna. En general, se los acompaña con algunas aclaraciones sobre la trayectoria rectilínea de la luz y las posiciones relativas del Sol, la Tierra y la Luna requeridas para que ocurran estos fenómenos (la alineación de estos tres objetos). Sin embargo, esquemas de este tipo, que sin dudas tienen su utilidad, pueden llevar a una mala interpretación y dificultar la comprensión plena de estos fenómenos.



**Figura 12.** Arriba, gráfico explicativo del eclipse de Sol. Abajo, del eclipse de Luna.

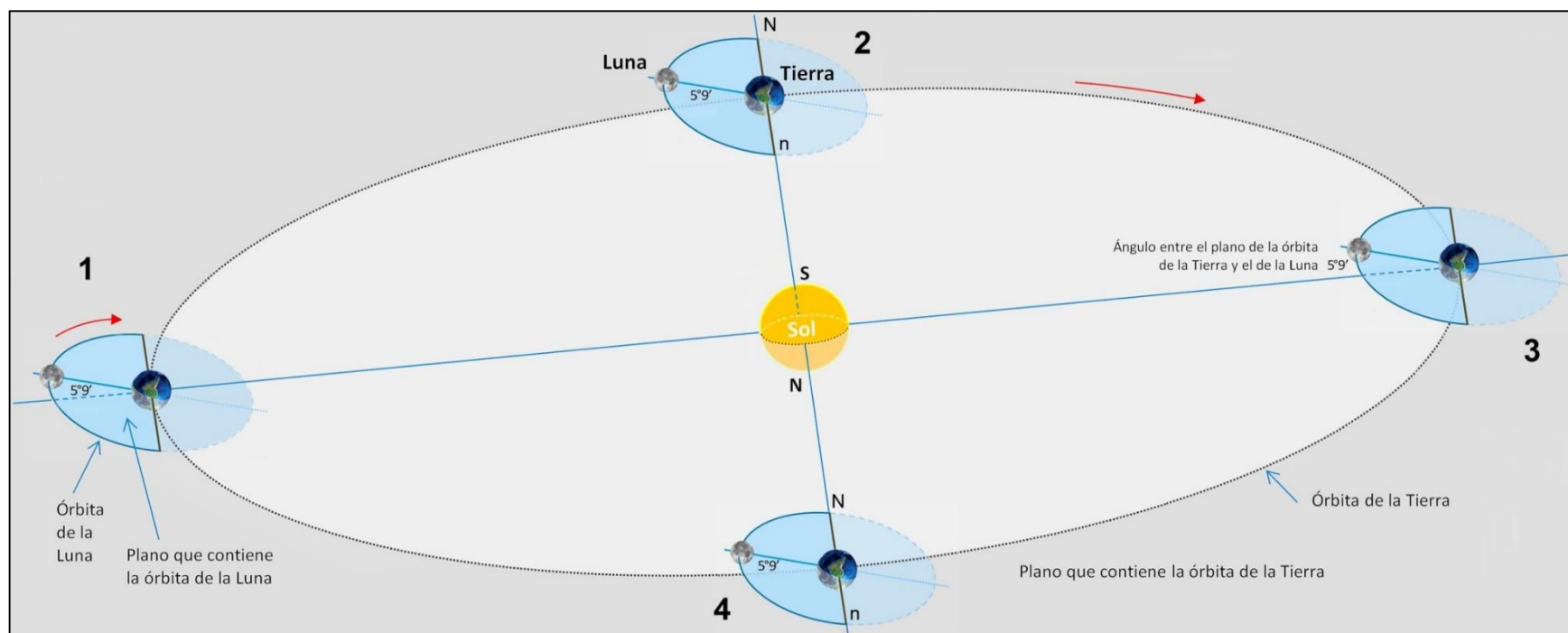
Si se indaga a cualquier persona sobre los eclipses que ha podido ver directamente durante su vida, aún las adultas, recuerdan apenas algunos pocos casos, en particular de Luna, y muchos menos de Sol. Esta experiencia personal, que compartimos la inmensa mayoría, no parece coincidir con la idea que se desprende de los gráficos mostrados. Si la condición para que suceda un eclipse es que Sol-Tierra-Luna estén alineados, y la Luna gira en torno a la Tierra aproximadamente una vez al mes, cabe preguntarse: *¿Por qué no vemos un eclipse de Sol y uno de Luna todos los meses? ... como parece deducirse de los gráficos de la Figura 12. ¿Cuál es la razón por la que los eclipses son mucho menos frecuentes?* Todos los años, sin excepción, ocurren entre 4 y 7 eclipses, en dos grupos separados aproximadamente cada 6 meses. *¿Por qué cada 6 meses?*

El problema de la explicación clásica de estos fenómenos celestes, en especial a través de esquemas como el anterior, es que, aunque simple, resulta incompleta para contemplar varios aspectos observacionales relacionados. El origen de la dificultad es que los gráficos están presentados fuera de escala, en forma lineal y en un mismo plano. Las preguntas realizadas se responden en forma relativamente sencilla si se tiene en cuenta que el plano que contiene a la órbita de la Luna forma un ángulo con el plano que contiene a la órbita de la Tierra. La visión en perspectiva (“tridimensional”) mostrada en el esquema de la Figura 13, aclara este punto.

### Gráficos adecuados para representar y comenzar a comprender un fenómeno astronómico complejo

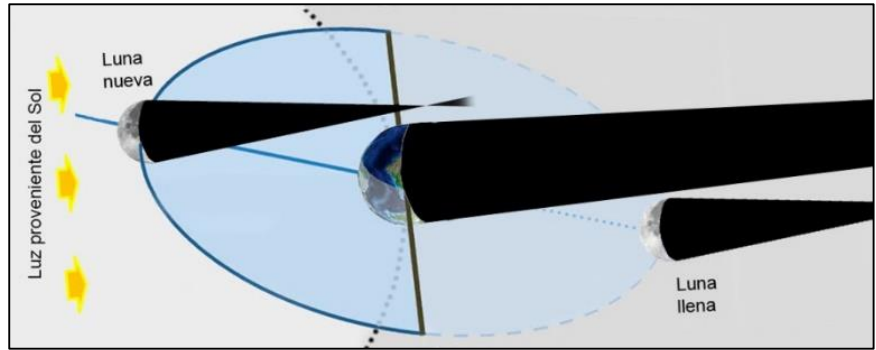
La inclinación de  $5^{\circ} 9'$  entre los planos de la órbita lunar (en la Figura 13, destacado en tono celeste) y el de la Tierra (destacado en tono gris claro), provoca que en las posiciones identificadas con 1 y 3, las sombras proyectadas por la Luna o la Tierra no produzcan eclipses (Figura 14 A). En cambio, en las posiciones 2 y 4, si la Luna se ubica próxima a los puntos “n” o “N”, se cumplirá la condición de alineamiento y será posible que se produzca un eclipse. Los puntos n y N se denominan “nodos”<sup>28</sup> (Figura 14 B).

De la Figura 13 también se deduce que debido a que la Tierra emplea medio año en desplazarse de la posición 2 a la 4 y otro tanto para ir de la 4 a la 2, las oportunidades para que ocurran eclipse se presentan aproximadamente cada 6 meses (las denominadas “estaciones de eclipses”).

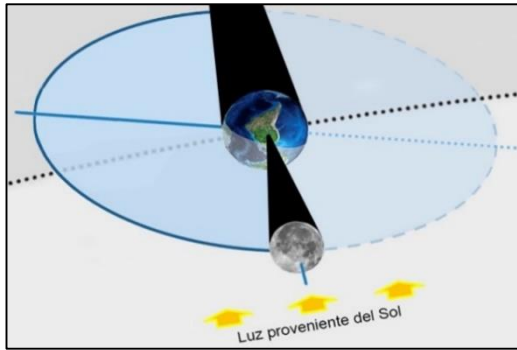


**Figura 13.** Representación de las órbitas de la Tierra y de la Luna. Las líneas rojas indican las direcciones de los movimientos (fuera de escala).

<sup>28</sup> Los nodos son los dos puntos en los que se intersectan las órbitas de la Luna y de la Tierra. Se denomina “línea de los nodos” a la línea de intersección de los planos de ambas órbitas. Cuando la Luna en su movimiento en torno a la Tierra pasa por el plano de su órbita desde el norte al sur (en la Figura 13, “N”), se denomina nodo descendente, mientras que en el otro caso nodo ascendente (“n”).



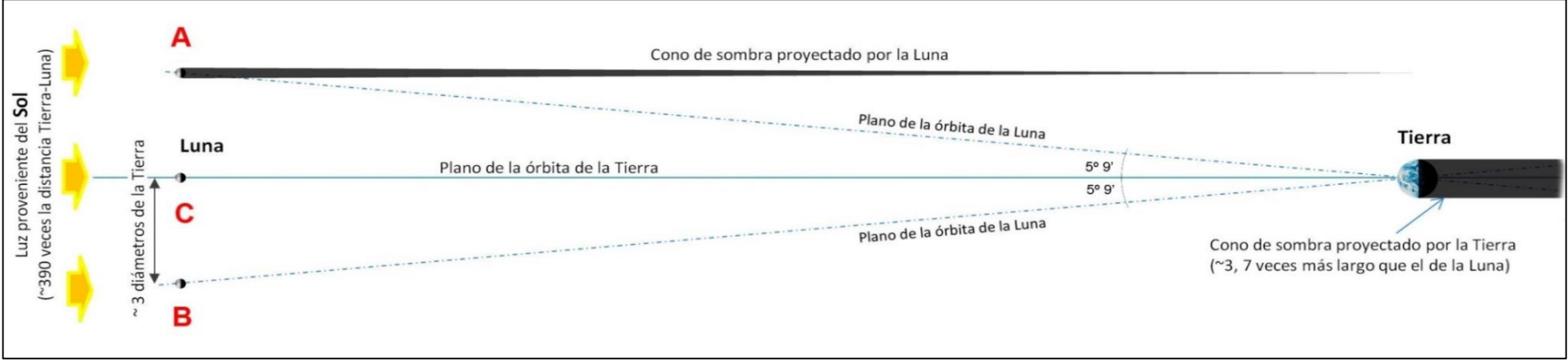
**A.** Cuando la Luna no se encuentra próxima a los nodos, la alineación Sol-Luna-Tierra no es posible. La sombra de la Luna no toca la Tierra, ni la de la Tierra cubre la Luna, por lo que no pueden ocurrir eclipses (no se muestra la penumbra). Posición 3 de la figura 13.



**B.** Cuando la alineación Sol-Luna-Tierra se da próxima a los nodos “n” o “N”, pueden producirse eclipses, en el gráfico caso de un eclipse de Sol (no se muestra la penumbra). Posición 2 de la Figura 13.

**Figura 14**

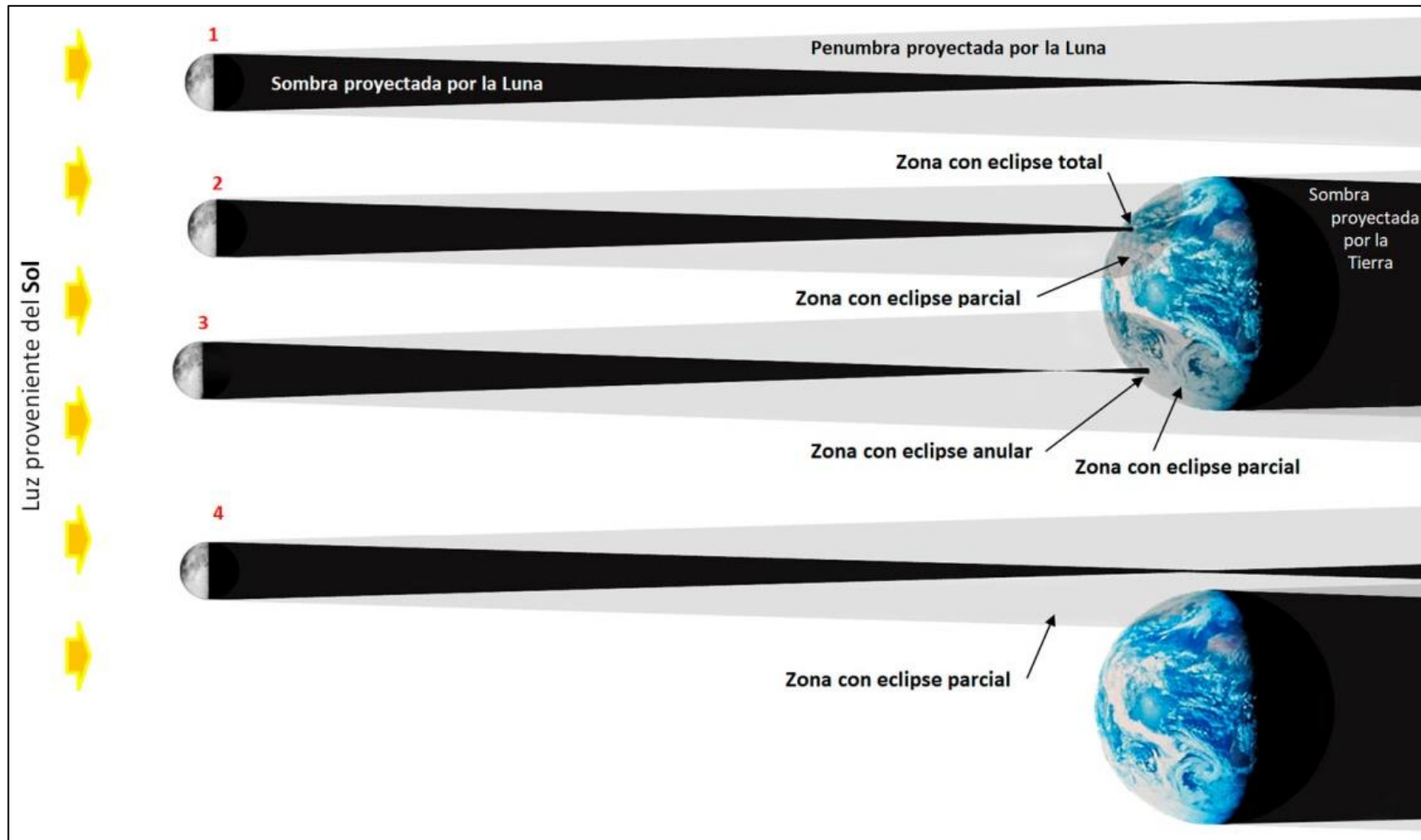
En el gráfico de la Figura 15 se ha representado a escala el sistema Tierra-Luna visto en forma rasante al plano de la órbita de la Tierra, resulta notable la diferencia con los anteriores gráficos de la Figura 12. En las posiciones A y B (que se relacionan con las 1 o 3 de la Figura 13), la Luna se encuentra apartada del plano de la órbita una distancia de hasta tres veces el diámetro terrestre, por lo que la sombra que proyecta no puede tocar la Tierra y por lo tanto no hay eclipses (en el caso mostrado, de Sol). En cambio, si la Luna se encuentra en C (2 o 4 de la Figura 13), su sombra se proyectará sobre la superficie terrestre y ocurrirá un eclipse (en la figura, de Sol).



**Figura 15.** Representación del sistema Tierra-Luna a escala.



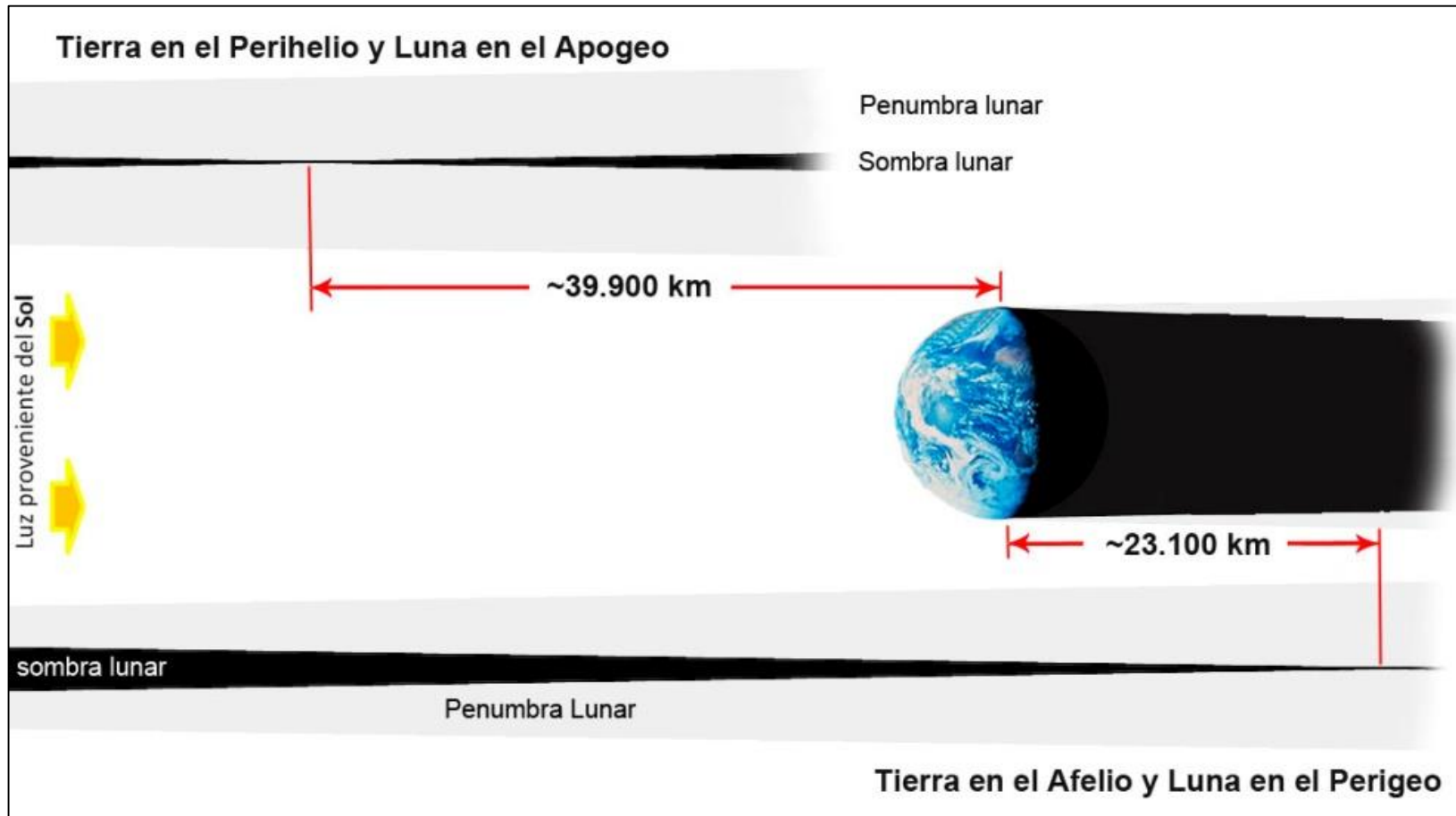
En la Figura 16 se representan las posiciones relativas de la Luna y la Tierra para los distintos tipos de eclipses solares, donde se aprecian las relaciones entre la longitud de la sombra lunar, la distancia Tierra-Luna y la posición de la Luna.



**Figura 16.** Posiciones relativas del Sol, la Luna y la Tierra según el tipo de eclipse (fuera de escala).

1. Ni la sombra ni la penumbra de la Luna tocan la Tierra, no hay eclipse (posiciones 1 y 3 en la Figura 13).
2. La sombra toca la superficie terrestre produciendo un eclipse total, mientras que en el área en la que llega la penumbra se observa como parcial.
3. La sombra toca la Tierra, pero la distancia de la Luna es tal, que el vértice se forma antes de la superficie, el eclipse se manifiesta como anular.
4. Un caso singular, solo la penumbra toca la Tierra, el eclipse se ve solamente como parcial. Por la posición, este tipo de eclipses ocurren cercanos a los polos.

La Figura 17 presenta en mayor detalle las relaciones entre las distancias Tierra-Luna y los largos de la sombra lunar en distintas posiciones de la Luna y la Tierra en sus respectivas órbitas.

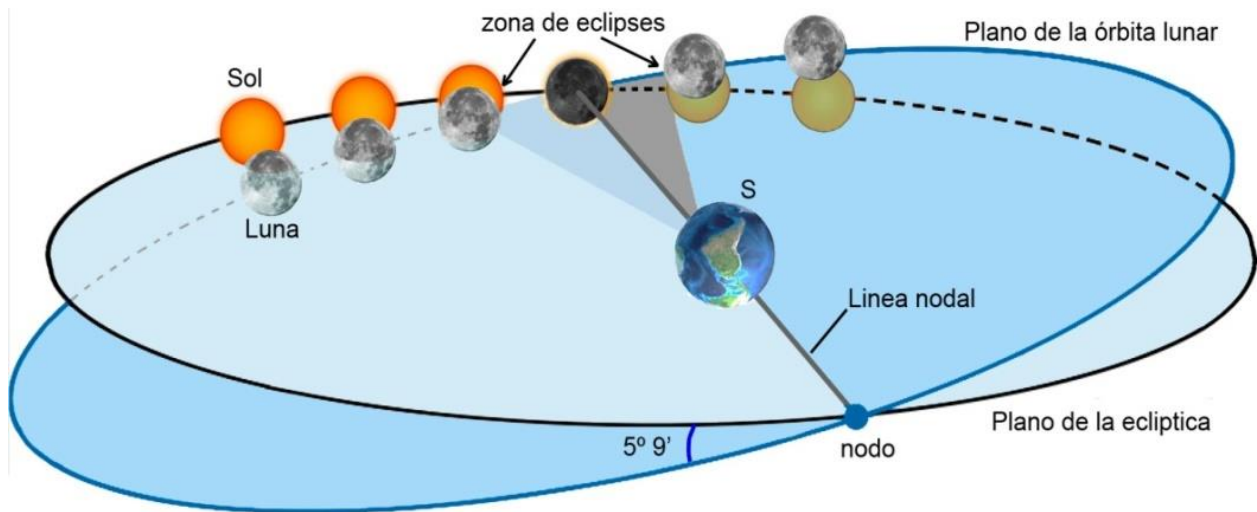


**Figura 17.** Extremos de la sombra lunar. La longitud de la sombra lunar varía entre  $\sim 366.400 \text{ km}$  ( $57,5$  radios de la Tierra) y  $379.800 \text{ km}$  ( $59,5 R_T$ ).

La distancia Tierra-Luna varía entre  $\sim 356.700 \text{ km}$  ( $55,9 R_T$ ) y  $406.300 \text{ km}$  ( $63,7 R_T$ ).

**Para que suceda un eclipse debe darse la alineación Sol-Tierra-Luna, y dado que la órbita lunar está inclinada respecto a la terrestre, esto solo ocurre cuando la Luna se encuentra próxima a los nodos (Figura 18).**

**Los eclipses se presentan cada aproximadamente 6 meses.**



**Figura 18.** En esta representación geocéntrica se destaca la zona próxima a uno de los nodos, en la que acontecen los eclipses (en este caso de Sol) cuando la Luna se ubica en ella (fuera de escala)<sup>29</sup>.

Otra pregunta se desprende de la Figura 13: si los eclipses se dan cuando la Luna transita próxima a los nodos (n o N): *¿por qué no son idénticos los eclipses año tras año?*, o bien, *¿por qué cambian las distancias Tierra-Luna y Sol-Tierra en los distintos eclipses?* Del gráfico podría deducirse que los eclipses suceden siempre en el mismo punto de las órbitas de la Luna y de la Tierra, y por lo tanto a las mismas distancias, lo que haría que se repitieran en forma idéntica.

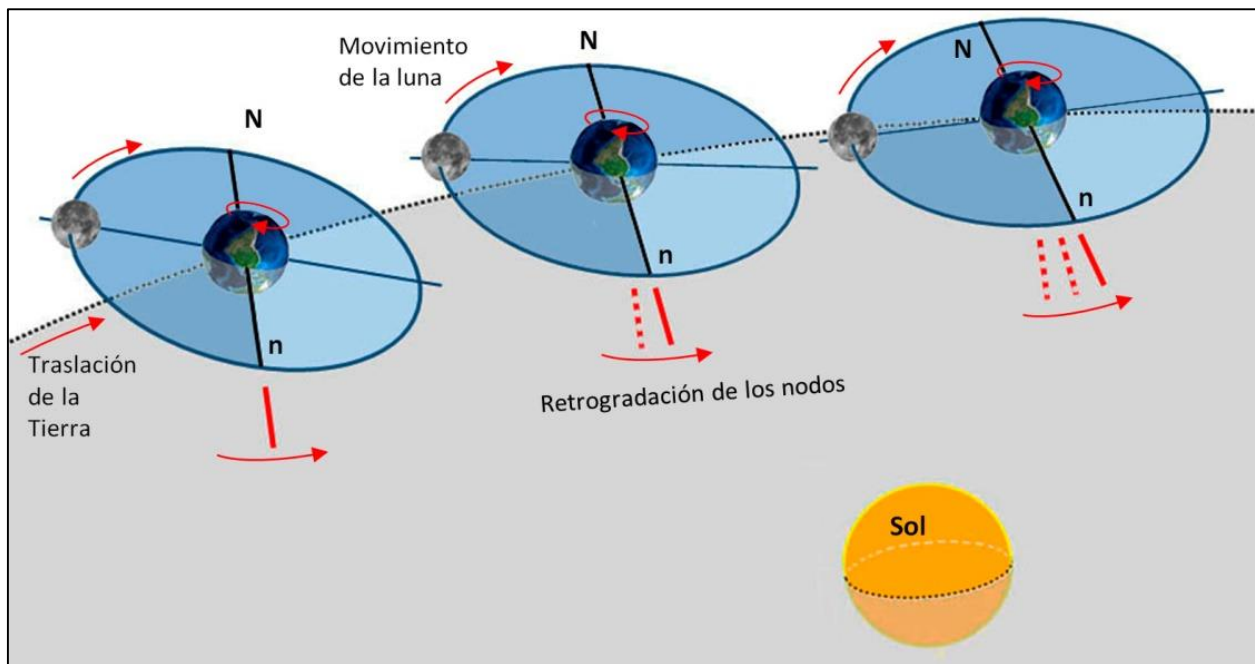
La respuesta a esta pregunta se vincula con otro movimiento que posee el sistema Sol-Tierra-Luna: el desplazamiento de la línea que une los nodos. Al moverse la Tierra en su órbita, el plano de la órbita lunar no se desplaza paralelo a sí mismo, por el contrario, gira lentamente completando una vuelta cada 18,6 años. Este movimiento se denomina retrogradación de los nodos (Figura 19).

El movimiento de los nodos provoca que la alineación Sol-Luna-Tierra ocurra en distintos puntos de las órbitas terrestre y lunar, por lo que las distancias serán distintas en cada ocasión, lo que a la vez implicará diferentes tamaños aparentes de la Luna y el Sol. Si los nodos se encuentran en un punto dado de la órbita, en el siguiente giro de traslación de la Tierra, y por moverse en sentido contrario (por eso “retrogradación”), su ubicación estará en otro punto “anterior”.

En consecuencia, el período entre ambos encuentros no será de un año sino menor, de 346,62 días, lapso denominado “año de eclipses” o “dracónico”, los eclipses se presentarán en promedio separados 173,32 días y no 180 días como se indicó en una primera aproximación (la mitad del año de eclipses).

<sup>29</sup> Elaborado en base al gráfico incluido en M. Serra-Ricart/Shelios, Unidad Didáctica Eclipses, Instituto de Astrofísica de Canarias 2003, disponible en <http://www.iac.es/educa/eclipses/unidad.pdf>.





**Figura 19.** Esquema explicativo de la retrogradación de los nodos (fuera de escala).

Finalmente se debe destacar que, debido a que las condiciones para que ocurran los eclipses es producto a la conjunción de una serie de situaciones vinculadas con movimientos periódicos, los tipos y sus características se repiten con distintas regularidades. El más notable de estos períodos es el Saros, denominación que se le da al lapso de 6.585 días<sup>30</sup>, al cabo de los cuales los eclipses se reproducen en el mismo orden, en las mismas lunaciones<sup>31</sup> y con características casi idénticas. El Saros permite proyectar no solo los eclipses que vendrán, sino también los que han sucedido en el pasado más remoto.

**Cada 173 días se originan al menos dos eclipses separados entre sí por 15 días, uno de Luna y otro del Sol, en un orden cualquiera. Puede haber un tercer eclipse, en este caso, cada uno de los tres estarán separados 15 días<sup>32</sup>.**

**Cada 18 años y 10 u 11 días los eclipses se repiten en el mismo orden, con características muy similares. A este período se le denomina Saros.**

<sup>30</sup> Igual a 18 años civiles, más 10 u 11 días, o 19 años de eclipses o dracónicos. En este período suceden en promedio 84 eclipses, repartidos en 38 grupos (cada 173 días), siendo la mitad de Sol y la mitad de Luna.

<sup>31</sup> La lunación (o mes sinódico) es el período que transcurre desde una determina fase lunar a la siguiente igual, por ejemplo, de luna nueva a luna nueva, igual a 29,53 días, por lo que un Saros cuenta con 223 lunaciones.

<sup>32</sup> A pesar que el número de eclipses de Luna y de Sol son casi idénticos, es más usual observar los primeros. La razón es que los eclipses lunares son vistos desde todos los puntos de la Tierra en que la Luna es visible al momento de ocurrir el fenómeno (aproximadamente dos terceras partes de la superficie terrestre), en cambio, los eclipses solares son solo observables en la limitada zona en que la sombra y la penumbra tocan la Tierra. Como el área que afecta la sombra es reducida, la frecuencia con que se puede ver un eclipse total de Sol desde una misma localidad, es de apenas uno cada tres o cuatro siglos.

### ***Una pregunta muy interesante hecha por nuestros estudiantes***

Una pregunta recurrente, y muy interesante, que hemos recibido durante estos años en los que los eclipses han sido de alguna manera protagonistas de los fenómenos astronómicos es: *¿Siempre ocurrirán eclipses?* Es decir, ¿los eclipses son un fenómeno natural, habitual, regular, o son algo excepcional, extraño en los cielos del mundo?

Se ha mencionado en apartados anteriores que a través del estudio de eclipses históricos se descubrió la desaceleración del movimiento de traslación de la Luna. Este fenómeno implica que el satélite terrestre se aleja progresivamente a un ritmo de algo menos de 4 cm al año. A pesar de lo pequeño de este valor, si se mantiene esta velocidad de alejamiento, en unos 600 millones de años (ver Anexo 2) ya no se podrán producir eclipses totales de Sol, pues estando la Luna a mayor distancia de la Tierra, su tamaño angular será siempre menor que el del Sol.

En esa época tan lejana, pero que para los tiempos astronómicos no es muy grande, solo se podrán disfrutar eclipses parciales o anulares, ya no sucederán más eclipses totales, por lo que la corona nunca se podrá ver a ojo desnudo. Los eclipses lunares básicamente no cambiarán, a excepción de que por estar la Luna más lejos tendrán mayor duración, debido a su menor tamaño aparente y movimiento más lento, y a que la Luna “entrará más veces” en el cono de sombra proyectado por la Tierra.

Sin embargo, podemos decir que, a los fines de las vidas de varias generaciones de seres humanos en el futuro, los eclipses tanto de Sol como de Luna continuarán observándose prácticamente sin mayores cambios respecto a lo que hemos vivido desde hace siglos.

### ***Eclipses, tránsitos y ocultaciones: la familia de las alineaciones geométricas***

Finalmente, otras preguntas muy habituales (y también muy interesantes) hacen referencia al concepto de eclipse como tránsito u ocultación. Es decir: *¿Son los eclipses un fenómeno que sucede solo en la Tierra?, ¿ocurren eclipses en otros planetas del Sistema Solar?, ¿y en otras estrellas?, ¿además de la Luna, se pueden ver eclipses de otros astros? ¿se denomina eclipse si Mercurio cruza por delante del Sol?*, entre muchas otras preguntas similares.

El primer paso para abordar estas preguntas es recordar la condición necesaria para un eclipse: la alineación de los astros y el observador.

El caso más general de este fenómeno astronómico, entonces, es una alineación geométrica, la cual puede darse no sólo entre la Luna, el Sol y un observador terrestre, sino también con otros objetos del Sistema Solar y un observador (persona/telescopio/nave) ubicado en algún punto del espacio.

**Una alineación geométrica sucede cuando  
dos cuerpos celestes y el observador se encuentran en la misma línea.**

**Eclipses de Luna y de Sol, ocultaciones y tránsitos  
son casos particulares de alineaciones.**

En la dinámica del sistema Tierra-Luna-Sol, y en la propia del Sistema Solar (y de todo el Universo), los objetos que los componen están en continuo movimiento, variando sus posiciones y relaciones geométricas instante a instante, en particular las alineaciones. Un observador ubicado en algún punto del espacio, en algún instante de tiempo, podrá registrar tales relaciones geométricas, las cuales serán relativas a su posición de observación. Los eclipses son fenómenos geométricos, únicamente, por consiguiente, son relativos, no son absolutos (en el sentido que suceden, *per se*, sin importar desde dónde se los observa).

**Los eclipses, los tránsitos y las ocultaciones son fenómenos geométricos relativos, no son absolutos.**

Si bien en esencia se trata del mismo fenómeno (una alineación geométrica), según los tamaños aparentes relativos de los cuerpos involucrados (un objeto lejano, un objeto cercano y un observador), se les asigna distinta denominación<sup>33</sup>.

Dependiendo de la posición del observador, la apariencia del fenómeno observado toma distintas características. Así, podemos hablar de “ocultaciones”, “tránsitos” y “eclipses”.

- Se denomina “ocultación” al fenómeno que sucede cuando un objeto (grande en perspectiva) cruza por delante de otro (pequeño también en perspectiva), visto desde un cierto lugar de observación. Típicamente, la Luna oculta estrellas y planetas.
- Se denomina “tránsito” al fenómeno que sucede cuando un objeto (pequeño en perspectiva) cruza por delante de otro (de mayor tamaño, también en perspectiva), visto desde un cierto lugar de observación.
- Se denomina “eclipse” al fenómeno que sucede cuando ambos objetos son de tamaño angular similar. Eclipses de Sol, típicamente (y eclipses de Luna, por la sombra de la Tierra sobre ella).

### ***Ocultaciones***

Las ocultaciones son los fenómenos más comunes. La Luna oculta permanentemente estrellas, y regularmente también oculta a los planetas. Las ocultaciones de planetas por la Luna son habituales, y pueden observarse varias veces por año desde una misma ubicación (Figura 20).



**Figura 20.** La Luna se mueve respecto al fondo de estrellas, a las que con frecuencia oculta. Este fenómeno también sucede con los planetas. Izquierda: ocultación de Saturno, julio de 2014 desde Buenos Aires (Carlos Di Nallo). Derecha: ocultación de Marte, noviembre de 2018 (Complejo Plaza del Cielo).

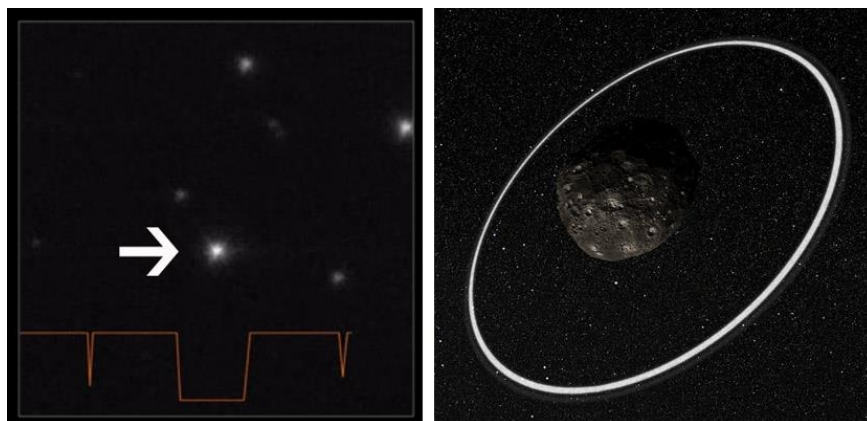
<sup>33</sup> Sugerimos ver la charla: [https://www.youtube.com/watch?v=ow9zzcT\\_Mps&t=7031s](https://www.youtube.com/watch?v=ow9zzcT_Mps&t=7031s)



Sin embargo, no sólo la Luna produce ocultaciones de estrellas. Cuerpos relativamente pequeños del Sistema Solar también ocultan estrellas en su movimiento contra el cielo de fondo. En la Figura 21 se muestra un ejemplo notable: la ocultación de una estrella (flecha) por el objeto 10199 Chariklo (un asteroide del tipo Centauro), cuyo tamaño aproximado es de unos 250 km.

Gracias a la variación en la luminosidad de la estrella al pasar Chariklo por delante de ella, durante un conjunto de observaciones realizado entre 2013 y 2016 se descubrió que el objeto tiene dos anillos, lo que lo convirtió en el primer asteroide en contar con anillos a su alrededor.

De este hallazgo, que revolucionó al mundo astronómico, participaron astrónomos argentinos que lo observaron desde la Estación Astrofísica de Boque Alegre, ubicado en las sierras chicas cordobesas.



**Figura 21.** Chariklo ocultó el 3 de junio de 2013 una estrella. Izquierda: Con el estudio de la variación de la luz recibida de la estrella al ser ocultada (Chariklo no se aprecia por su débil brillo), se determinó que este asteroide posee un sistema de anillos. Derecha: representación artística de Chariklo y sus anillos. (ESO).

### **Tránsitos**

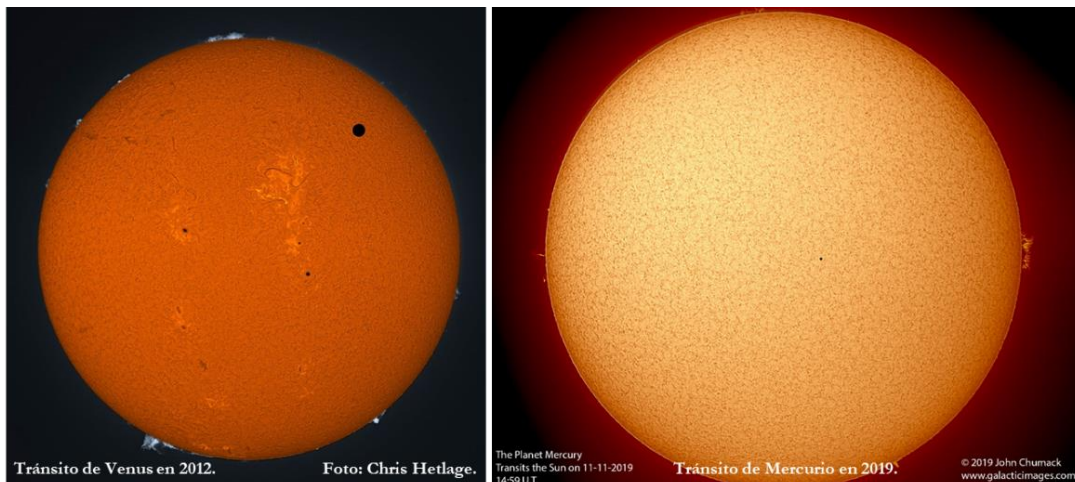
Como observadores terrestres, los únicos tránsitos que podemos ver son los de aquellos objetos que se cruzan por delante del Sol, los cuerpos denominados “interiores”, ya que el movimiento en sus órbitas los ubica, regularmente, entre la Tierra y el Sol. Es decir: Mercurio, Venus y la Luna.

Estos fenómenos ocurren con poca frecuencia, en el caso de Mercurio unas 13 veces por siglo (Figura 22 y Figura 23), mientras que para Venus apenas se observan cada poco más de un siglo, sucediendo dos tránsitos en cada oportunidad, separados por 8 años. Estos tránsitos fueron empleados por los astrónomos para determinar la distancia Tierra-Sol, denominada Unidad Astronómica.



**Figura 22.** Tránsito de Mercurio ocurrió en 2012. Se señala el disco oscuro del planeta proyectado frente al Sol. El fenómeno fue aprovechado para realizar actividades observacionales con estudiantes del I.P.E.M. N° 138, Jerónimo Luis de Cabrera, en la ciudad de Córdoba, empleando un prismático y la técnica de proyección (P. Cabral).

El tránsito de Venus de diciembre de 1882<sup>34</sup> fue estudiado por diversos observatorios del mundo y varias de las comisiones para su observación se establecieron en Argentina. La ayuda prestada por el Gobierno de la Provincia de Buenos Aires a los astrónomos franceses, derivó posteriormente (1883) en la creación del segundo observatorio astronómico del país en La Plata, ciudad que se encontraba en plena construcción<sup>35</sup>. Los últimos tránsitos de Venus tuvieron lugar en 2004 y 2012 (Figura 23), y los siguientes sucederán en 2117 y 2125.



**Figura 23.** Tránsitos de Venus y Mercurio

Otros muchos objetos, no naturales, cruzan regularmente por delante del disco solar (y también por delante del disco lunar): los satélites artificiales, en particular son notorios los tránsitos de la Estación Espacial Internacional (Figura 24) y de los satélites geoestacionarios de telecomunicaciones<sup>36</sup>.



**Figura 24.** El tránsito por el Sol de los dos más grandes satélites de la Tierra. Luna (natural) y Estación Espacial Internacional (artificial)

<sup>34</sup> Para un episodio histórico de gran relevancia motivado por el tránsito de Venus de 1874, sugerimos leer el trabajo: Silva, M. R. y Camino, N. (2020). “El tránsito de Venus hacia el final del siglo XIX y el surgimiento del séptimo arte”. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 15(1), 46-64. DOI: <http://doi.org/10.14483/23464712.14246>

<sup>35</sup> Sobre la historia de este observatorio, consultar <http://www.fcaglp.unlp.edu.ar/historia>.

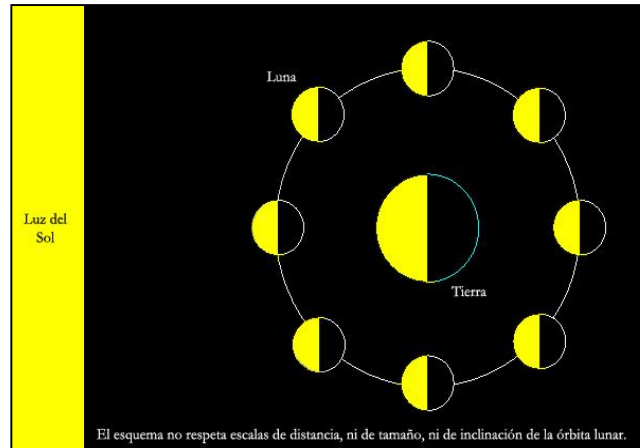
<sup>36</sup> Sugerimos al respecto leer el trabajo: Camino, N., Magne, M., Matelo Mirco, G., Padilla, T., Villa Diacinti, J. (2018). “Tránsitos solares de satélites geoestacionarios. *Astronomía, Tecnología y Sociedad en el Secundario*”. *Actas del V Simpósio Nacional de Educação em Astronomia – Londrina, PR, Brasil*. <https://sab-astro.org.br/eventos/snea/v-snea/atas/comunicacoes-orais/co14/>

## ***Eclipses de Sol (¿o tránsitos de la Luna?)***

¿Es posible que la Luna ocupe una posición con respecto a la Tierra que la ubique como “planeta” interior”, de modo de producir un tránsito? Sí, cuando la Luna se encuentra recorriendo la mitad de su órbita ubicada entre la Tierra y el Sol, es posible que desde la Tierra puedan verse “tránsitos lunares”, si la Luna cruza el plano de órbita de la Tierra en torno al Sol, alineándose los tres, aunque el fenómeno se denomina eclipse solar (como ya fue tratado en los anteriores apartados).

Cuando la Luna se encuentra en la mitad “interior” de su órbita, vista desde la Tierra (Figura 25), corresponde a las fases desde Cuarto Menguante, a Luna Nueva y a Cuarto Creciente. En la posición de Luna Nueva, pueden darse los eclipses de Sol. Viceversa, en la posición de Luna Llena, pueden darse los eclipses de Luna.

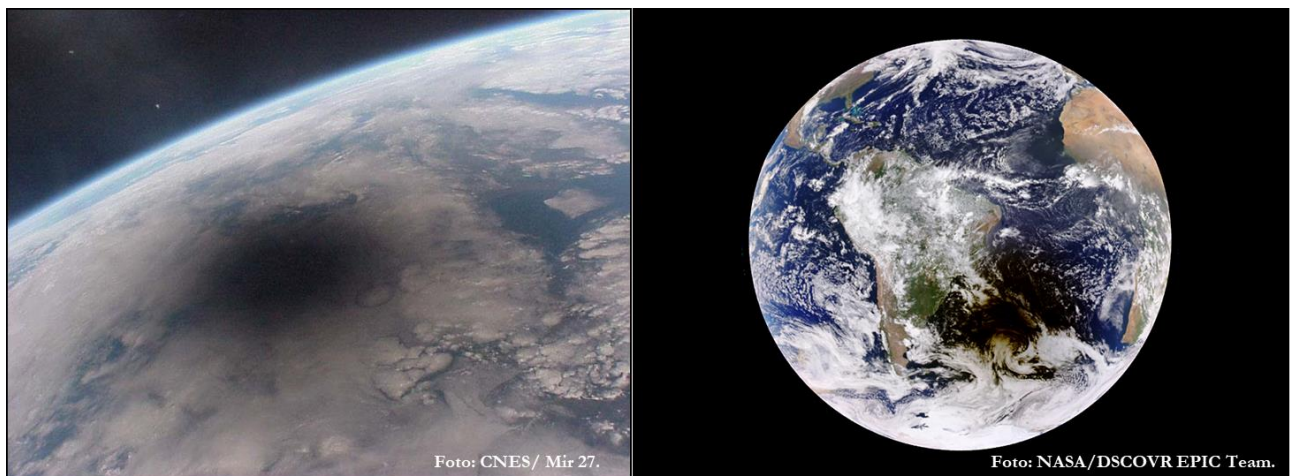
**Figura 25.** Esquema que muestra las mitades “interior” y “exterior” de la órbita de la Luna en torno a la Tierra.



Por lo antes expuesto, entonces, podríamos decir que los eclipses de Sol son “tránsitos” de la Luna por delante del Sol, aunque por ser sus respectivos tamaños angulares muy similares, la denominación que corresponde es “eclipse de Sol” (nótese que el “protagonismo” en la expresión de un tránsito es sobre el cuerpo que está adelante, y en la expresión de un eclipse es sobre el cuerpo que está detrás).

Si el objeto es ocultado totalmente el fenómeno es “total”, de lo contrario resulta ser “parcial”. De todos modos, es usual hablar de eclipses como oscurecimiento de la luz que proviene de un astro.

Aceptada la definición anterior, se podría afirmar que eclipses solo ocurren con la Luna, vistos desde la Tierra, pues no hay otro astro que se interponga delante del Sol y lo pueda ocultar completamente (Figura 26 y Figura 27).



**Figura 26.** Izquierda: Sombra sobre la Tierra durante el eclipse total de agosto de 1999, desde la Estación Espacial Mir. Derecha: Sombra sobre la Tierra durante el eclipse anular de febrero de 2017, desde la nave DSCOVR.





**Figura 27.** Eclipse total de Sol del 2 de julio de 2019 (ESO).

***El cambio en la posición del observador: eclipses de Sol/Luna, tránsitos por eclipses.***

¿Cómo se vería un eclipse de Sol, si lo observáramos desde la Luna, ubicados en la cara que da a la Tierra?

En esta posición, no veríamos al Sol (pues estaría detrás nuestro), y veríamos a la Tierra en fase “llena”, por estar siendo iluminada por completo por el Sol al estar alineada con él (recordemos que la Tierra vista desde la Luna presenta fases, similares a las lunares, aunque simétricas en tiempo real, ver la Figura 28). Se observaría además a la sombra proyectada por la Luna moviéndose por la superficie terrestre (Figura 26). Sería algo como un “eclipse parcial de Tierra”, expresión que no utilizamos.

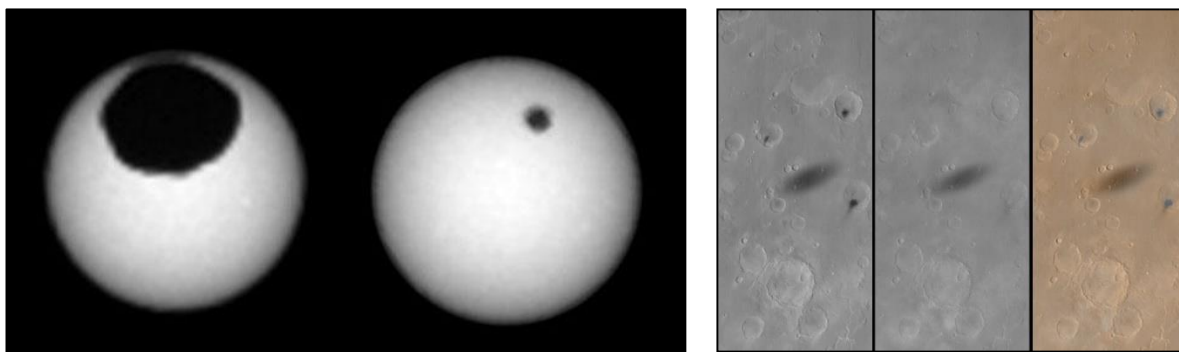


**Figura 28.** Izquierda: Una perspectiva diferente, la Tierra vista desde la Luna. La Tierra presenta fases como las de la Luna, en la imagen se encuentra casi en un “cuarto” (NASA). Derecha: La Luna vista desde la Tierra, en un instante similar al de la imagen de la izquierda. Las fases son complementarias (pasado un cuarto la Tierra, antes del cuarto la Luna; si fuera creciente la fase de la Tierra, sería menguante la fase de la Luna (Plaza del Cielo).

En cambio, cuando sucede un eclipse lunar (visto desde la Tierra), al darse el alineamiento Sol-Tierra-Luna (Figura 12, abajo), desde la Luna se vería a la Tierra (en fase “nueva”) pasando por delante del Sol. En el cielo lunar, nuestro planeta se aprecia con un tamaño aparente casi cuatro veces mayor que el Sol (pues su diámetro es casi cuatro veces el de la Luna), por lo que, de acuerdo a las definiciones anteriores, sería una ocultación (o bien, de acuerdo al apartado anterior, un eclipse total de Sol de gran magnitud y duración).

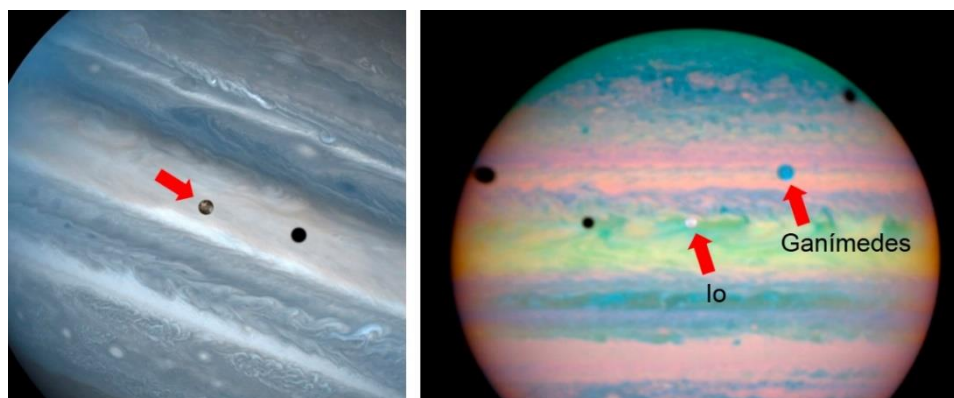
Y en el resto de los planetas, ¿suceden eclipses? Mercurio y Venus no tienen satélites, por lo que ninguno de estos fenómenos (eclipses, ocultaciones, tránsitos) ocurre allí.

Marte tiene dos satélites naturales muy pequeños, Fobos y Deimos. El Sol visto desde Marte presenta un tamaño aparente de 21', mientras que el de Fobos es 5' y el de Deimos es 1', por lo que solo se pueden producir tránsitos<sup>37</sup>. Desde órbita marciana, veríamos la sombra de los satélites proyectada sobre el suelo de Marte (Figura 29).



**Figura 29.** Izquierda: Tránsitos de Fobos y Deimos, respectivamente, vistos desde la superficie de Marte, imágenes logradas por el robot Curiosity el 26 y 17 de marzo de 2019 (NASA / JPL-Caltech / MSSS). Derecha: Sombra de Phobos proyectada sobre el suelo de Marte (Malin Space Science Systems, MGS, JPL, NASA).

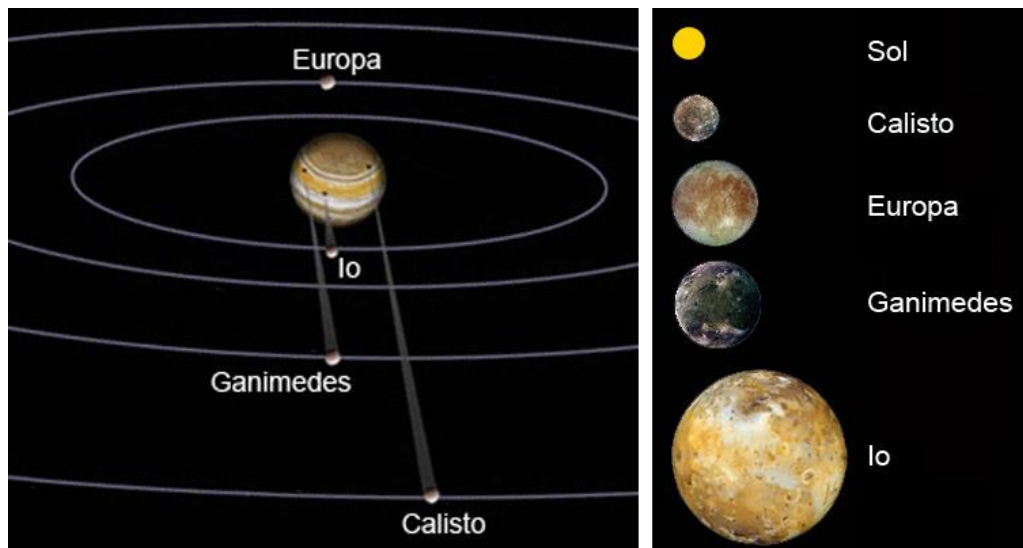
Otro tanto puede analizarse para el resto de planetas, en particular para los externos, que poseen numerosos satélites de muy distintos tamaños y distancias orbitales. En la Figura 30 se muestra el ejemplo de Júpiter; en la Figura 31 se muestra la relación de longitudes de sus sombras.



**Figura 30.** Eclipses en otros mundos. Izquierda: fotografía de Júpiter en la que se aprecia al satélite Io y su sombra proyectada sobre las nubes del planeta. El tamaño aparente de Io visto desde Júpiter es casi 2,5 veces mayor que el del Sol, por lo que se trata de una ocultación. Derecha: dos satélites y sus sombras sobre Júpiter. En el borde superior derecho se observa la sombra de otro satélite, Calisto, que no se incluye en la imagen<sup>38</sup> (E. Karkoschka, Univ. Arizona, NASA). Para la nave que tomó las imágenes, todas mostrarían tránsitos de los satélites por el disco de Júpiter.

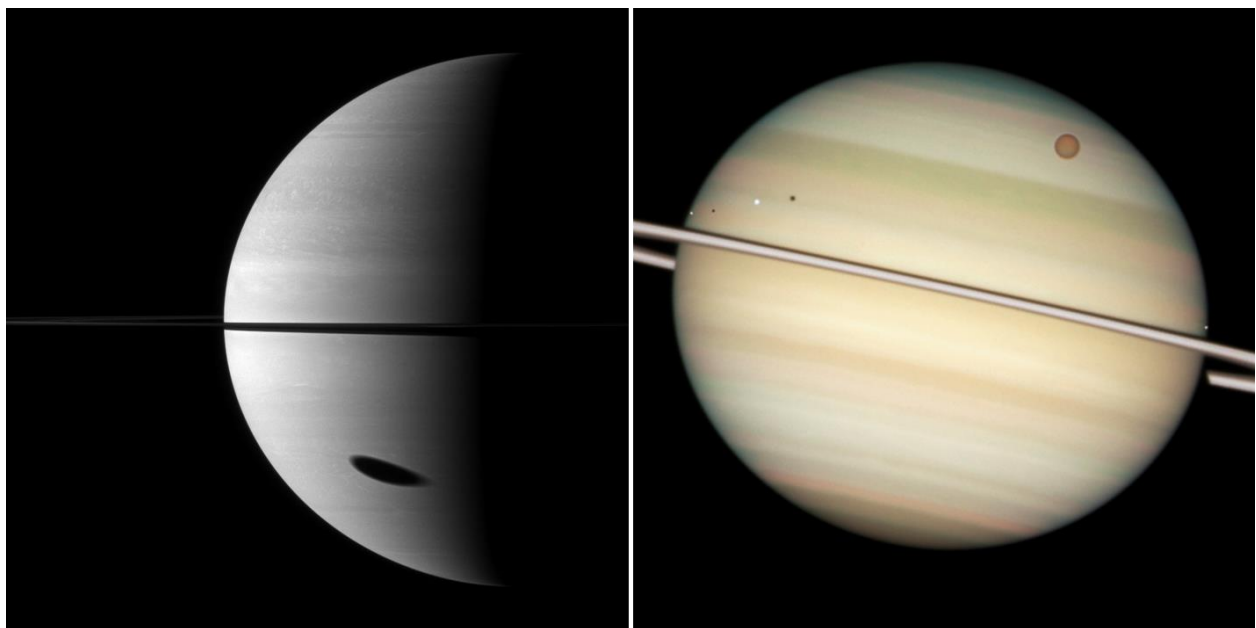
<sup>37</sup> Valores aproximados. Distancia media Sol-Marte: 227.940.000 km; Fobos, tamaño máximo 13,5 km, distancia media a Marte 9.300 km; Deimos, tamaño máximo 7,5 km, distancia media a Marte 23.460 km. Los satélites marcianos tienen forma irregular.

<sup>38</sup> En la web pueden encontrarse numerosos videos muy instructivos de estos eventos.



**Figura 31.** Esquema con las posiciones relativas de los cuatro satélites mayores de Júpiter, con sus sombras, correspondiente a la imagen derecha de la Figura 30, la que puede compararse con los gráficos de eclipses solares mostrados con anterioridad. Derecha, tamaños aparentes relativos del Sol y los cuatro satélites mayores vistos desde Júpiter. Todos tienen mayor tamaño angular que el Sol, por lo que el fenómeno que tienen lugar son ocultaciones.

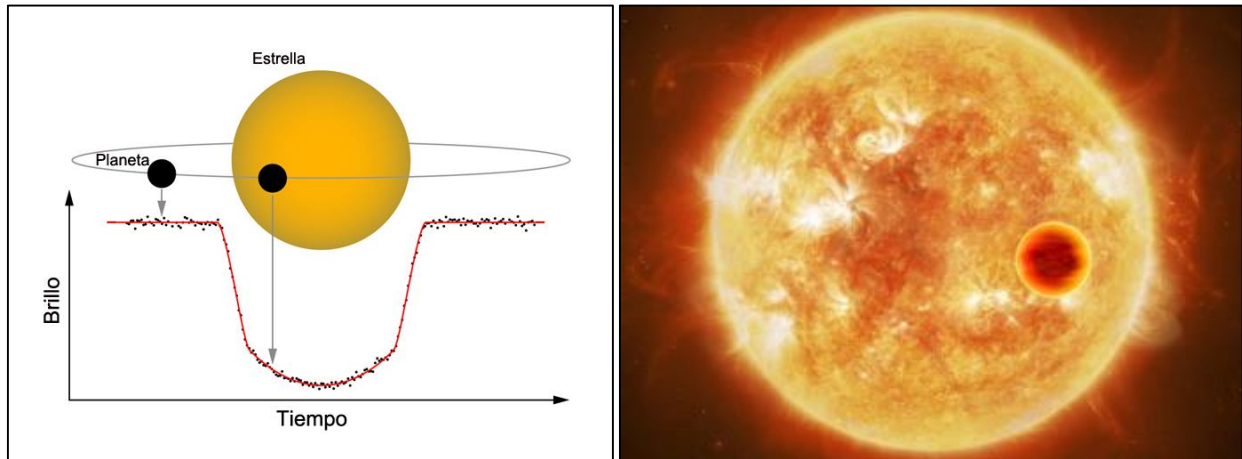
En la Figura 32 se muestra el ejemplo de Saturno y algunos de sus satélites.



**Figura 32.** Izquierda: Titán proyecta una sombra sobre las nubes de Saturno. Un observador situado allí vería un eclipse total de Sol. Derecha: De izquierda a derecha se observan Encelado y su sombra, Dione y su sombra, Titán y Mimas a la derecha, sobre el borde del disco de Saturno. Para un observador sobre las nubes, serían eclipses solares, para la perspectiva de la imagen son tránsitos de los satélites por el disco de Saturno.

Como es esperable, natural, suceden tránsitos en otras estrellas, producidos por cuerpos de sus respectivos sistemas planetarios, los denominados “exoplanetas”.

En las últimas décadas se han descubierto cientos de sistemas planetarios en torno a otras estrellas, en especial a partir de la técnica de la variación en la curva de luz de la estrella debido al apantallamiento que genera el paso de uno de sus planetas por delante de ella, al estar alineados con un observador terrestre, desde el suelo o desde el espacio<sup>39</sup>.



**Figura 33.** Izquierda: Variación de la curva de luz de una estrella durante un tránsito planetario. Derecha: representación artística de un planeta gigante frente a una lejana estrella (*ESA*).  
¿Tendrán estos planetas a su vez satélites que produzcan eclipses y ocultaciones de estrellas?

<sup>39</sup> El telescopio espacial Kepler estuvo activo entre 2013 y 2018, descubrió más de 2.600 exoplanetas por la técnica de registrar la variación de la curva de luz durante un tránsito. Para mayor información, sugerimos visitar la página oficial: <https://www.jpl.nasa.gov/missions/kepler/>



## CONSIDERACIONES Y PROPUESTAS PARA LA ENSEÑANZA DE LOS ECLIPSES

La comprensión del fenómeno de los eclipses requiere contar con una idea general del sistema Sol-Tierra-Luna, en cuanto a su morfología (visión tridimensional) y su dinámica (múltiples movimientos), y de la posición del observador sobre la superficie terrestre.

En especial, se necesitará comprender las dimensiones relativas de los objetos celestes involucrados, las fases de la Luna, identificar la inclinación de la órbita lunar y el movimiento de los nodos. Por tanto, se propone que su enseñanza a lo largo de la Educación Obligatoria se aborde de modo progresivo en complejidad y a la par del tratamiento del Sistema Solar<sup>40</sup>, vinculado siempre a la observación, registro y descripción sistemática del cielo real desde el lugar donde vivimos.

Las dificultades que enfrentó el ser humano para interpretar el cosmos fueron grandes, principalmente debido a las enormes distancias y los períodos involucrados<sup>41</sup>. Estos problemas también serán un desafío para los estudiantes durante el proceso de aprendizaje de muchos conceptos astronómicos, por lo que deben ser especialmente tenidos en cuenta por el docente al momento de elaborar las propuestas de enseñanza.

Las distancias a los planetas, a las estrellas y a las galaxias resultan difíciles de asimilar, por estar muy alejadas de la experiencia diaria<sup>42</sup>. Otro tanto ocurre con los tiempos en que se desarrollan algunos fenómenos astronómicos, tal el caso de la evolución de las estrellas, que se contabiliza en millones a miles de millones de años.

En el caso específico de los eclipses, se debe prestar atención principalmente a la cuestión de las distancias, y a los períodos de tiempo involucrados en su evolución y regularidad, necesarias para la predicción de los mismos a través de décadas y siglos.

También es importante tener en cuenta las ideas que los estudiantes tienen ya acerca de los eclipses, en especial aquellas que estén en conflicto con las actuales ideas científicas. Existen numerosos trabajos sobre estas concepciones (ver recuadro), tales como que el Sol aparece por el horizonte siempre por el Este o que las estaciones ocurren por las variaciones de la distancia entre la Tierra y el Sol, o que las fases de la Luna son por eclipses producidos por la sombra de la Tierra<sup>43</sup>.

---

<sup>40</sup> Según el nivel educativo, será preciso además trabajar sobre el comportamiento de la luz y cómo se generan las sombras, para lo cual pueden proponerse diversas actividades específicas. Sobre este punto se recomienda consultar “Propuestas Educativas para el Año Internacional de la Luz”, disponible en [http://www.igualdadycalidadcba.gov.ar/SIPEC-CBA/publicaciones/2015-Docs/Anio\\_de\\_la\\_luz.pdf](http://www.igualdadycalidadcba.gov.ar/SIPEC-CBA/publicaciones/2015-Docs/Anio_de_la_luz.pdf).

<sup>41</sup> Las mismas problemáticas, en sentido inverso, se presenta en la enseñanza de la Química, en la que se debe lidiar con dimensiones y lapsos temporales muy pequeños. El problema con los largos períodos también se presenta al abordar algunas temáticas de la Geología.

<sup>42</sup> Para la discusión de cómo trabajar en el megaespacio astronómico respecto de la experiencia cotidiana en un micro/meso/macro espacio, consultar: Lanciano, N., Camino, N. (2008). “Del ángulo de la Geometría a los ángulos en el cielo. Dificultades para la conceptualización de las coordenadas astronómicas Acimut y Altura”. Enseñanza de las Ciencias, 26 1, marzo de 2008. Barcelona, España; y Lanciano, N., (1996). Revisión de la Tesis de Doctorado, Universidad de Ginebra, “Análisis de las concepciones y de las observaciones en clase: instrumentos para la definición de los objetivos educativos y de las estrategias pedagógicas para la enseñanza de la Astronomía en la Escuela Elemental en Italia”.

<sup>43</sup> Sobre algunas preconcepciones en Astronomía, pueden consultarse: Camino, N. (1995). Ideas previas y cambio conceptual en Astronomía. Un estudio con maestros de primaria sobre el día y la noche, las estaciones y las fases de la luna. Enseñanza de las ciencias, 13 (1), 81-96. Disponible en <https://core.ac.uk/download/pdf/38990403.pdf> ; Camino, N.; Ros, R. M. (1997). ¿Por dónde sale el Sol? Educación en Ciencias, 1, 3, noviembre, 11-17; Gangui A. (2013). ¿Cuán errante en torno a la Tierra se desplaza el Sol? Ciencia Hoy, 22, 132, 34-38. Disponible en <http://www.cienciahoy.org.ar/ch/hoy132/CienciaAula.pdf>.

Otro aspecto a considerar es el lenguaje específico que en determinado momento será necesario utilizar y que los estudiantes deberán incorporar, tal como los términos “Saros”, “nodos” o “paralaje”. Para que esto no se convierta en un obstáculo, corresponde abordar esta cuestión y realizar las aclaraciones que sean necesarias<sup>44</sup>.

Es importante que, en la enseñanza de algunos conceptos astronómicos básicos, no se cometa el error de subestimar las dificultades que se pueden presentar para su comprensión. Es reconocido que muchas personas se ven en serias dificultades para enumerar “evidencias” que permitan confirmar algunos fenómenos usualmente trabajados como “obvios”, tal como la rotación de la Tierra o su movimiento en torno al Sol. En más de una oportunidad se olvida que las ideas que hoy se tienen sobre el Sistema Solar, son construcciones conceptuales, modelos científicos elaborados a lo largo del tiempo en base de una multitud de observaciones y teorizaciones de fenómenos en su mayoría anti intuitivos.

Teniendo en consideración lo analizado sobre los gráficos empleados para la explicación de los eclipses, resulta conveniente contemplar en las actividades que se desarrollen el empleo de gráficos a escala y de modelos concretos adecuados al nivel de los estudiantes<sup>45</sup>. Si bien para apoyar algunas explicaciones es inevitable utilizar gráficos fuera de escala, se han de tener en cuenta las dificultades de los estudiantes para interpretarlos, las que no se salvan con la simple aclaración “fuera de escala”. Mostrar el sistema Tierra-Luna de un modo similar a lo esquematizado en la Figura 13 (en “perspectiva”), utilizar “planetarios virtuales”<sup>46</sup> y trabajar con modelos concretos, ayudarán a los estudiantes a aproximarse a la comprensión de estos aspectos vinculados a los eclipses. De todos modos, debe cuidarse de que el uso de estas representaciones (virtuales o concretas) no reemplazan al cielo real, sino que son herramientas para acompañar el trabajo de aprendizaje.

Un error frecuente al trabajar las órbitas de los objetos del Sistema Solar, es dibujarlas exageradamente elípticas. Representarlas de este modo, no se condice con la realidad para muchos de los cuerpos del sistema, en particular la Tierra y la Luna. En la Figura 34 se han representado a escala las órbitas terrestre y lunar, y de inmediato resalta lo difícil que resulta distinguirlas de una circunferencia. Debe destacarse en ambas representaciones a escala que tanto el Sol como la Luna no se ubican en el centro, sino ligeramente desplazados, en el foco de la elipse correspondiente.

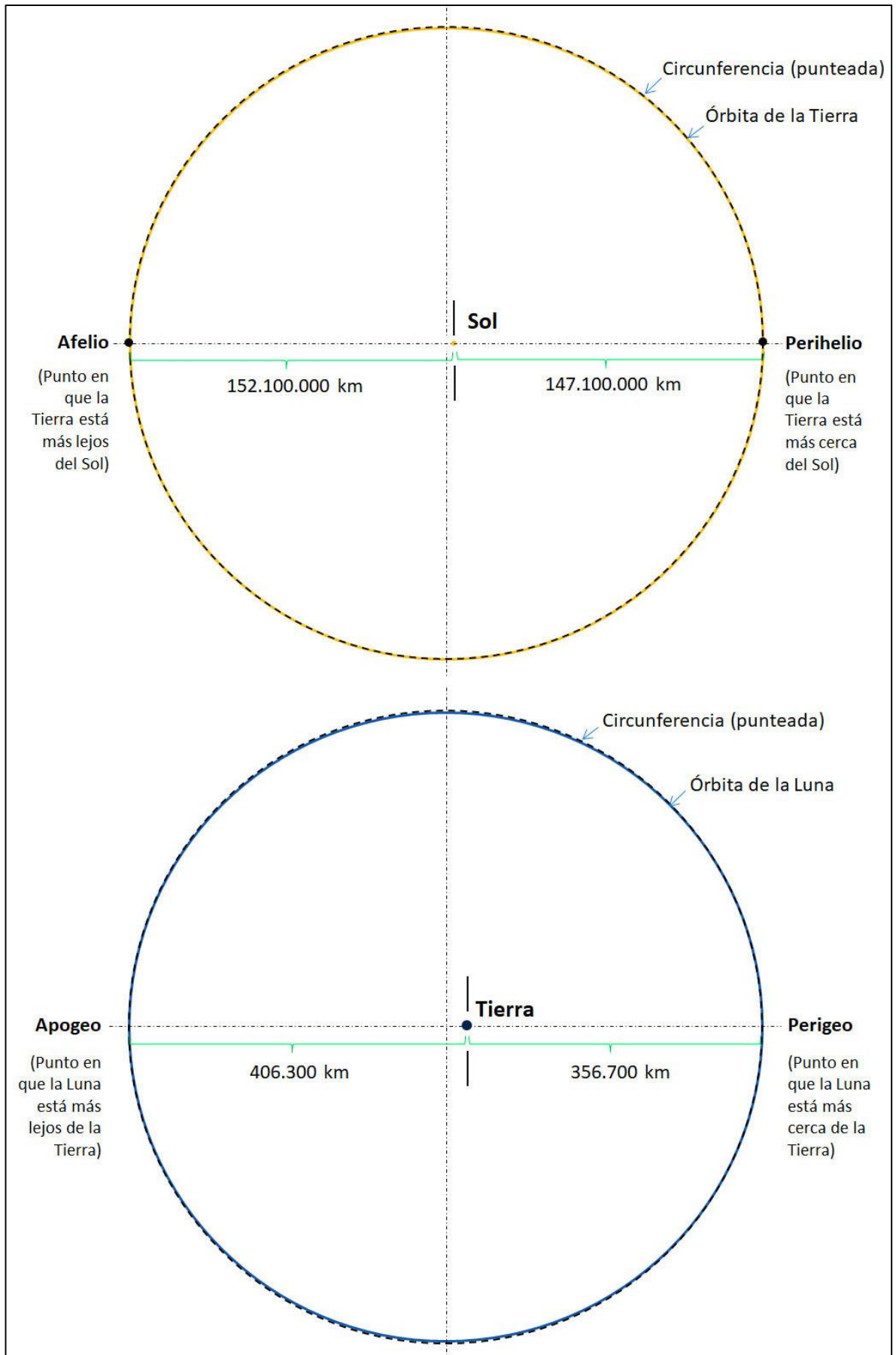
Al abordar lo que es una elipse en el contexto de las órbitas de los objetos celestes, corresponde marcar su diferencia con una circunferencia, lo que obliga a mostrar elipses “alargadas” (con excentricidades grandes). En esta instancia, eventualmente es posible dar como ejemplos al planeta enano Plutón y al cometa Halley. Sin embargo, es importante destacar que, en el caso de los planetas y numerosos satélites, en particular la Tierra y la Luna, las excentricidades son pequeñas.

---

<sup>44</sup> Sobre el tema puede consultarse a: Solbes, J. y Palomar, R. (2013). Dificultades en el aprendizaje de la Astronomía en secundaria. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 35, 1, 1401. Disponible en [www.sbfisica.org.br](http://www.sbfisica.org.br), y a Palomar Fons, R. (2014). Enseñanza y aprendizaje de la Astronomía en el bachillerato. Tesis Doctoral. *Enseñanza de las Ciencias*, 32, 2, 699-700. [www.researchgate.net/publication/280929551](http://www.researchgate.net/publication/280929551) Enseñanza y aprendizaje de la Astronomía en el bachillerato.

<sup>45</sup> Camino, N. (2004). Aprender a imaginar para comenzar a comprender los modelos concretos como herramientas para el aprendizaje de la Astronomía. *Alambique* 42, 81-89. Disponible en: [www.researchgate.net/publication/39211931](http://www.researchgate.net/publication/39211931) Aprender a imaginar para comenzar a comprender los modelos concretos como herramientas para el aprendizaje de la Astronomía.

<sup>46</sup> Los “planetarios virtuales” son softwares que simulan el cielo, son de gran utilidad para la enseñanza la Astronomía y en particular de los eclipses. Algunos son los siguientes: Stellarium (<https://stellarium.org/es/>); Cartes du Ciel ([www.ap-i.net/skychart/es/start](http://www.ap-i.net/skychart/es/start)); Google Sky ([www.google.com/intl/es-es/sky/](http://www.google.com/intl/es-es/sky/)); SKY-MAP.ORG ([www.sky-map.org/](http://www.sky-map.org/)); KStars - Planetario para el escritorio ([https://edu.kde.org/kstars/?site\\_locale=es](https://edu.kde.org/kstars/?site_locale=es)); Computer Aided Astronomy (aka C2A) ([www.astrosurf.com/c2a/english/download.htm](http://www.astrosurf.com/c2a/english/download.htm)); Celestia ([www.shatters.net/celestia/](http://www.shatters.net/celestia/)). También existen diversas app gratuitas que se pueden descargar en teléfonos celulares: Stellarium Mobile Planetario, Mapa Estelar, NightSky Lite, SkEye o Sky Map (algunas pueden estar en inglés, verificar la gratuidad antes de descargar). Recordar que previo a la instalación y el empleo de estos softwares, se deben leer las condiciones de uso y requerimientos, y tomar las precauciones necesarias contra virus informáticos.



**Figura 34.** Representación a escala de las órbitas de la Tierra y la Luna.

Mostrar órbitas con excentricidades muy grandes sin las correspondientes aclaraciones, además, puede reforzar la idea errónea que poseen muchos estudiantes sobre la relación entre las estaciones y la distancia Tierra-Sol (y no con la inclinación del eje terrestre). Una órbita tan elíptica ayuda a justificar esta idea, pues de la experiencia cotidiana, los estudiantes saben que a mayor distancia de una fuente de “calor” menos “calor”<sup>47</sup> se siente y viceversa. En este sentido, realizar comparaciones entre el día y la noche y las estaciones de la Tierra con Plutón y el cometa Halley, será un buen recurso para poner en conflicto la idea de estaciones por excentricidad.

Como ocurre con las ciencias en general, la realización de preguntas desafiantes resulta de gran utilidad para el proceso de enseñanza y aprendizaje. En los ítems anteriores se han propuesto varias que pueden servir de ejemplo. Responder al interrogante: *si pudiéramos ubicarnos en otros objetos del Sistema Solar, ¿podríamos ver eclipses?*, implica imaginarse en otro lugar y formar una idea clara de la mecánica de los eclipses, así como de las posiciones relativas, tamaños y movimientos de los cuerpos que componen el Sistema Solar. A su vez, en la Educación Secundaria, calcular los diámetros aparentes de los satélites de diversos planetas y del Sol visto desde los mismos, puede ser un excelente ejercicio, ya que requiere además del conocimiento del mecanismo de los eclipses, conocer las características de los planetas y realizar sencillos cálculos matemáticos.

Teniendo en cuenta que las ideas actuales sobre los eclipses en gran medida son el resultado de la observación de estos fenómenos, resulta muy conveniente proponer tareas observacionales en el contexto de su enseñanza. Si bien no siempre se tiene la oportunidad de estudiar directamente un eclipse, son numerosas las actividades que involucran la observación y que se relacionan con los mismos en el marco del abordaje del Sistema Solar, tal como, el seguimiento de los movimientos del Sol y de la Luna y las fases lunares, así como la evolución contra el cielo estrellado de los planetas visibles a ojo desnudo. Es importante destacar que, si la observación involucra al Sol, se deben tomar las precauciones necesarias, dado que bajo ninguna circunstancia se lo debe mirar en forma directa sin la protección adecuada. En consecuencia, es preciso tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

### *Precauciones para la observación del Sol*

**No se debe mirar el Sol en forma directa sin la protección adecuada.** *Tampoco se debe hacer esto durante los eclipses de Sol parciales, anulares e incluso totales, con excepción del período en que ocurre la totalidad. La intensa luz solar puede producir quemaduras irreversibles al ojo. Observar a través de un instrumento, tales como prismáticos o telescopios, sin el filtro apropiado, produce en forma instantánea serios daños (la afectación a la retina ocurre más rápido de lo que un observador puede mover el ojo).*

*No sirve observar con anteojos de Sol ni mirar de reojo. Tampoco es recomendable utilizar vidrios ahumados, disquetes, películas fotográficas o radiográficas, filtros fotográficos, CD o DVD. Si se utiliza un vidrio de soldador, únicamente sirve el DIN 14, el resto no debe ser utilizado. Ver el Sol reflejado en la superficie del agua no es suficiente, pues la intensidad de la imagen aún resulta muy alta.*

*Aunque el Sol parezca tenue y no se sienta ninguna molestia al mirarlo a través de un filtro, no es garantía que la observación sea segura. Puede suceder que el filtro atenúe la luz, pero deje pasar en exceso las radiaciones infrarroja o ultravioleta, que pueden afectar el ojo.*

*Recordar que los niños son en general inquietos y muy curiosos, con ellos hay que tener especial cuidado.*

<sup>47</sup> Se está utilizando intencionalmente el lenguaje cotidiano.

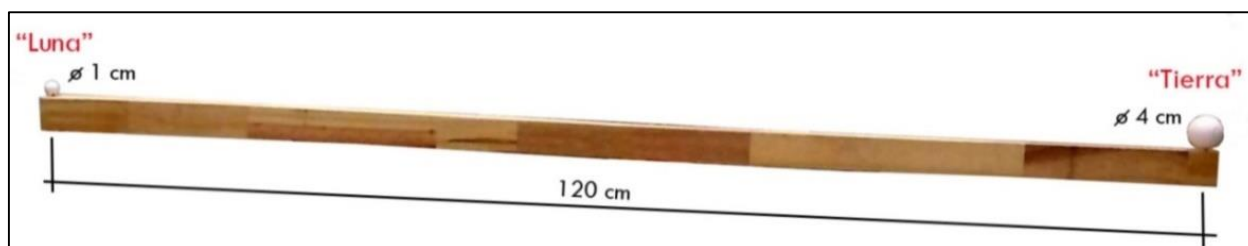


A continuación, se sugieren y analizan algunas posibles actividades que se pueden desarrollar en el marco de la enseñanza de los eclipses. Necesariamente, el docente debe adaptarlas según el nivel educativo y grupo de estudiantes, contemplando los aprendizajes esperados.

### *Simulando un eclipse de Sol*

Varios autores<sup>48</sup> han propuesto un modelo sencillo del sistema Tierra-Luna, de gran utilidad para la enseñanza de los eclipses. Consta de dos esferas (por ejemplo de telgopor), una de 1 cm (Luna) y otra 4 cm (Tierra) de diámetro, separadas entre sí 120 cm, valores que respetan a escala las dimensiones del sistema<sup>49</sup> (Figura 35). Con este dispositivo es posible simular un eclipse solar, sencillamente alineándolo con el Sol en un día sin nubes, tal como se muestra en la Figura 36.

De este modo, se ponen de manifiesto las condiciones para que sucedan los eclipses, se destaca lo “agudo” del cono de la sombra formado por la Luna, e incluso con un ligero giro es posible apreciar cómo se deforma la mancha de “totalidad” al recorrer la “Tierra” durante el fenómeno. Comparar los resultados de esta actividad con imágenes de la sombra lunar sobre la superficie terrestre obtenidas desde el espacio, como las mostradas en la Figura 26, tendrá gran potencialidad explicativa, en especial si a la vez se acompaña con el análisis de alguno de los gráficos mostrados anteriormente. En conjunto, se espera que permita a los estudiantes formar una idea más ajustada a la realidad de las dimensiones involucradas en los eclipses, y de lo “estrecho” de la condición geométrica de eclipses.



**Figura 35.** Modelo del sistema Tierra-Luna.

En el caso mostrado las esferas son de telgopor y fueron pegadas a un listón de madera.

**Figura 36.** Empleo del modelo Tierra-Luna para simular un eclipse total de Sol. Basta con alinear el dispositivo con el Sol, para observar la mancha formada por la sombra de la “Luna”, notablemente similar a lo que ocurre en la realidad (ver Figura 26). (M. Parma 2018).



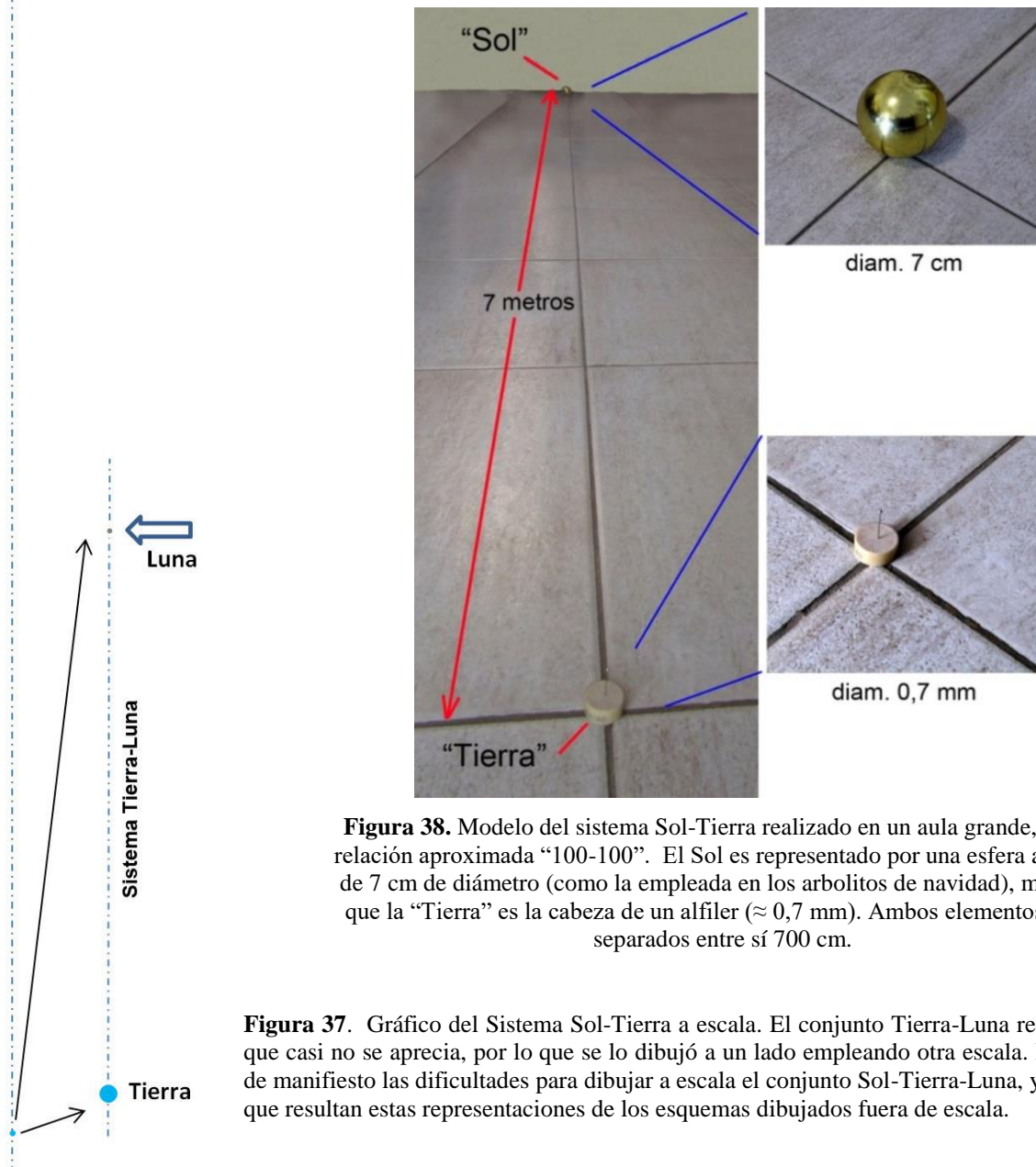
<sup>48</sup> Se pueden mencionar a: Tignanelli, H. (1999). *Astronomía en la Escuela*. ([www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL001431.pdf](http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL001431.pdf)), Ros R. M. y García B. (2016). *Sol y Eclipses y Actividades y Modelos para explicar los eclipses* ([http://sion.frm.utn.edu.ar/WDEAI/wp-content/uploads/2016/12/SolyEclipses\\_cast\\_web.pdf](http://sion.frm.utn.edu.ar/WDEAI/wp-content/uploads/2016/12/SolyEclipses_cast_web.pdf)).

<sup>49</sup> Diámetro Luna: 3.476 km, diámetro Tierra: 12.756 km (3,7 veces el diámetro lunar) y 384.400 km (30,1 veces el diámetro de la Tierra).

### Modelo del Sistema Sol-Tierra

Al sistema Sol-Tierra (Figura 37) es posible representarlo a escala en una galería o patio, utilizando una esfera de 10 cm de diámetro para el Sol y un alfiler con cabeza ( $\approx 0,9$  mm de diámetro) ubicada a 10,8 metros de distancia para la Tierra<sup>50</sup>.

Una relación aproximada fácil de recordar, que no afecta el objetivo de la actividad, es la “100-100”, en la que se acepta como diámetro del Sol  $\approx 100$  veces el de la Tierra y la distancia Sol-Tierra  $\approx 100$  veces el diámetro del Sol (Figura 38). La gran mayoría de las veces, analizar esta modelización con los estudiantes tiene como resultado el asombro y el reconocimiento de que nunca se lo habían imaginado de este modo. Probablemente, esto se deba a la generalizada utilización de representaciones fuera de escala sin actividades complementarias que permitan interpretarlos correctamente.



**Figura 38.** Modelo del sistema Sol-Tierra realizado en un aula grande, con la relación aproximada “100-100”. El Sol es representado por una esfera amarilla de 7 cm de diámetro (como la empleada en los arbolitos de navidad), mientras que la “Tierra” es la cabeza de un alfiler ( $\approx 0,7$  mm). Ambos elementos están separados entre sí 700 cm.

**Figura 37.** Gráfico del Sistema Sol-Tierra a escala. El conjunto Tierra-Luna resulta tan pequeño que casi no se aprecia, por lo que se lo dibujó a un lado empleando otra escala. Este gráfico pone de manifiesto las dificultades para dibujar a escala el conjunto Sol-Tierra-Luna, y lo muy diferente que resultan estas representaciones de los esquemas dibujados fuera de escala.

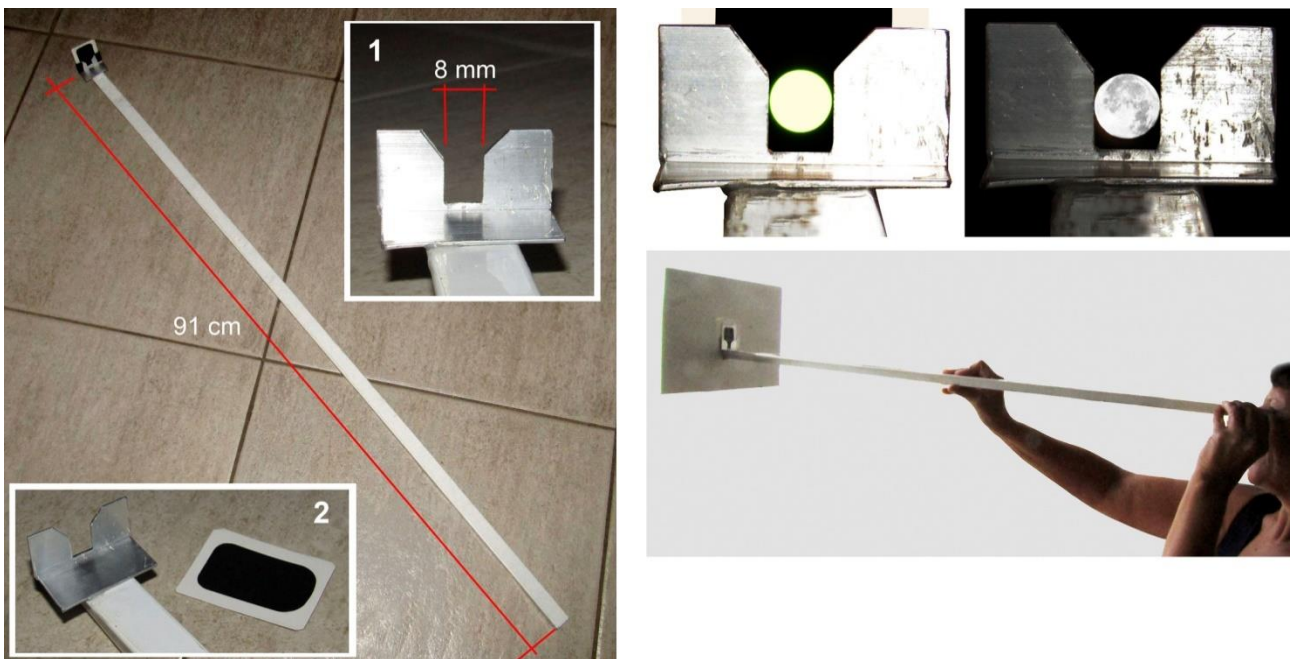
<sup>50</sup> Con los valores indicados se respetan a escala las dimensiones involucradas: diámetro Tierra ( $D_T$ ): 12.756 km, diámetro Sol ( $D_S$ ): 1.390.000 km (109  $D_T$ ); distancia Sol-Tierra: 149.600.000 km (108  $D_S$ ).

### ***Comparación de los diámetros aparentes del Sol y la Luna***

Teniendo en cuenta que los eclipses de Sol pueden ocurrir por ser los tamaños aparentes del Sol y la Luna muy similares, una actividad posible es verificar este hecho. Con un dispositivo sencillo como el descrito a continuación, pueden compararse los diámetros angulares de ambos astros.

El instrumento consta de una varilla, en uno de cuyos extremos se ubica un ángulo de aluminio o plástico al que se le practica una canaladura de un ancho tal que, vista desde el otro extremo, se puede apreciar a través de la misma una zona del cielo de 30 minutos de arco. Para realizar la observación, simplemente se apunta el dispositivo al Sol o a la Luna, mirando en forma rasante desde el extremo opuesto al ángulo y ubicando el astro en el medio de la ranura, tal como se muestra en la Figura 39.

La observación de la Luna no presenta problemas, en cambio con el Sol se requiere un filtro antepuesto, tal como un pequeño trozo de un “vidrio de soldador” DIN 14 o de Mylar grado óptico.



**Figura 39.** Dispositivo para comprobar que el diámetro aparente de la Luna y del Sol son similares. Consta de una varilla de 91 cm, que tiene pegado en uno de sus extremos un pequeño ángulo de aluminio o plástico, al que se le practica una ranura de 8 mm de ancho (se puede emplear cualquier par de medidas que sean proporcionales a las indicadas). Respetando estas medidas, al observar desde el extremo opuesto de la varilla, se ve a través de la ranura un sector de cielo de  $\frac{1}{2}$  grado. Para el Sol se necesita utilizar un filtro, por ejemplo, de Mylar grado óptico (tomado de un anteojos para ver eclipses, por ejemplo).

A la derecha arriba, se muestra como se ve el Sol (izquierda) y la Luna (derecha) a través de la ranura. En el recuadro inferior, se indica la forma de emplear el dispositivo, al que se le agregó una pantalla de cartón para que proyecte una sombra, lo que hace más cómoda la observación del Sol.

Otra actividad posible de llevar adelante con este aparato se relaciona con la ilusión óptica que se produce cuando la Luna o el Sol se encuentran próximos al horizonte, momento en que aparentan tener un tamaño angular mayor a cuando están altos sobre el horizonte. Es posible verificar que el tamaño no varía, comprobando que la Luna (o el Sol) se aprecia siempre de igual manera a través de la ranura a distintas alturas sobre el horizonte.

## *Cálculo de la representación a escala del Sistema Tierra-Luna-Sol*

Como ya fue expresado en apartados anteriores, imaginar los objetos del cielo, sus tamaños y movimientos, y las relaciones geométricas que se van configurando instante tras instante, en un contexto espacial tridimensional de gran escala, es una de las mayores dificultades para comprender muchos fenómenos astronómicos cotidianos, en particular los eclipses de Sol y de Luna.

Una forma de ayudar a nuestra imaginación espacial es la construcción de modelos concretos (maquetas) que guarden rigurosa relación de tamaños y distancias con lo que queremos representar.

Tal condición se satisface si la representación (el modelo) mantiene una relación de proporcionalidad con lo real a representar (el sistema Tierra-Luna-Sol, en este caso).

Para esto se elige un “factor de escala”, que surge de una condición elegida por nosotros, arbitraria, conveniente a nuestros fines didácticos. Tal condición podría ser, por ejemplo: “que la distancia Tierra-Luna esté representada en el largo del aula”, o “que la Tierra esté representada por una pelota de fútbol”, y muchas otras posibilidades, cualquiera es válida.

Lo fundamental aquí, para todo el proceso de construcción del modelo a escala, es que luego de elegida la condición (el factor de escala) todas las distancias y tamaños deberán respetar tal condición. Es decir, el factor de escala de un cierto modelo concreto es único, no debe cambiarse.

Para esta oportunidad, elegiremos como condición la siguiente: que el Sol esté representado por un globo de piñata bien inflado.

Así, considerando que un globo de piñata bien inflado tiene un diámetro de unos 60 cm, y que el diámetro del Sol es de 1.391.400 km, el factor de escala para las longitudes (distancias, diámetros) será el siguiente:

$$f_{\text{espacial}} = \frac{60 \text{ cm}}{1.391.400 \text{ km}} = 4,3 \cdot 10^{-5} \frac{\text{cm}}{\text{km}}$$

A partir de este factor de escala para la representación del sistema Tierra-Luna-Sol, el resto de las dimensiones espaciales se obtiene a través de una “regla de tres simple”. Tomemos como ejemplo el cálculo de la representación de la Tierra, cuyo diámetro es de 12.742 km:

$$\text{Si : } D_{\text{Sol}} = 1.391.400 \text{ km} \xrightarrow{\text{está representado por}} d_{\text{Sol}} = 60 \text{ cm}$$

$$\text{entonces: } D_{\text{Tierra}} = 12.742 \text{ km} \xrightarrow{\text{estará representado por}} d_{\text{Tierra}} = \frac{60 \text{ cm}}{1.391.400 \text{ km}} \times 12.742 \text{ km}$$

$$d_{\text{Tierra}} = f_{\text{espacial}} \times 12.742 \text{ km} = 0,55 \text{ cm}$$

Es decir, para un Sol representado por una “esfera” de 60 cm de diámetro, tendremos una Tierra de 0,55 cm de diámetro. ¡¡Muy pequeña, comparativamente!! (Figura 40).

Nótese la utilidad del factor de escala: a partir de ahora, cada distancia o tamaño que queramos representar, sólo deberemos multiplicarlo por  $f_{\text{espacial}}$  y el resultado será directamente la medida de la representación expresada en centímetros.





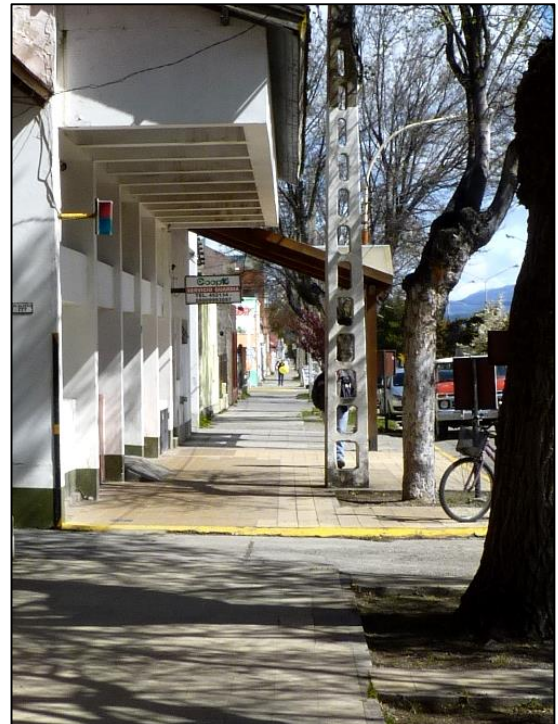
**Figura 40.** Un Sol de 60 cm (un globo de piñata bien inflado) y una Tierra de 0,55 cm (un arito). El Sol es aproximadamente 1.300.000 veces más grande que la Tierra (en volumen) (*Complejo Plaza del Cielo*).

De acuerdo con el factor de escala antes elegido, los distintos valores del sistema Tierra-Luna-Sol para esta representación espacial (modelo concreto) quedarán de la siguiente manera:

$f_{esp} = 4,3 \cdot 10^{-5} \text{ cm/km}$	Valores medios reales	Valores para la
<b>Diámetro del Sol</b>	1.391.400 km	60,0 cm
<b>Diámetro de la Tierra</b>	12.742 km	0,6 cm
<b>Diámetro de la Luna</b>	3.474 km	0,2 cm
<b>Distancia Tierra-Sol</b>	149.597.871 km	64,5 m
<b>Distancia Tierra-Luna</b>	384.400 km	16,6 cm

Con estos valores, cada cuerpo ocupa una posición en el espacio tridimensional acorde, proporcional, con el sistema real: el globo para piñata (el Sol), ubicado a 64,5 metros de ustedes, con el arito de 0,6 centímetros en la mano (la Tierra), y una muy pequeñita Luna de 0,2 centímetros, ubicada a unos 16,6 cm de la Tierra (Figura 41).

Una vez armado el sistema (modelo), es necesario cerrar un ojo (para representar el observador sobre la Tierra) y tratar de ubicar a la Luna de modo que tape por completo al lejano Sol: eso será un eclipse total de Sol, representado por el modelo a escala espacial recién construido.



**Figura 41.** Allá lejos, a casi 65 metros, está un docente sosteniendo el globo de piñata bien inflado, para que el observador pueda imaginar la escala del sistema Tierra-Luna-Sol. (*Complejo Plaza del Cielo*)

## *Actividades para realizar asociadas a la observación de un eclipse total de Sol*

Los eclipses, tanto de Sol como de Luna, son llamativos y motivadores para los estudiantes, y se presentan como una excelente oportunidad para planificar y desarrollar las siguientes actividades escolares, que permiten abordar una amplia variedad de aprendizajes, en especial, los específicos de la Astronomía y de la metodología científica, así como su vinculación con la cultura en general.

- Realizar una búsqueda bibliográfica y en la web sobre eclipses similares ocurridos en la Historia y los observados en Argentina, consultando además a especialistas que puedan asesorar sobre distintas temáticas y sobre los trabajos a realizar por los astrónomos durante el eclipse<sup>51</sup>.
- Investigar sobre la importancia que tuvo el estudio de los eclipses en la evolución de la ciencia y la cultura en todo el planeta a través del tiempo, a través de un ejercicio de tipo “experimento mental”: ¿qué habría sido distinto si no hubieran existido los eclipses en el sistema Tierra-Luna-Sol? Del mismo modo, analizar lo que podría suceder en otros mundos, posibles, de sistemas estelares diferentes (sistemas múltiples, estrellas de distintas temperaturas, etc.)<sup>52</sup>.
- Realizar predicciones sobre cómo se verá el eclipse, consultando sitios web confiables y/o mediante la utilización de planetarios virtuales. En especial, es importante conocer las características del cielo donde estará ubicado el Sol al momento del eclipse total, para identificar los objetos (estrellas y planetas) que pudieran verse durante la totalidad.
- Planificar el sitio de observación, teniendo en cuenta diversos factores, por ejemplo, la proyección meteorológica histórica para la época del eclipse, la altura del Sol sobre el horizonte, la accesibilidad e infraestructura del lugar, etc. Debe preverse en especial la disponibilidad de abundante agua, sectores de sombra y baños químicos, así como contar con asistencia sanitaria ante cualquier emergencia de salud. Estudiar la flora y fauna de la zona desde la que se verá el fenómeno y la infraestructura vial y de comunicaciones de la misma, son otros aspectos interesantes vinculados al estudio del eclipse.
- Investigar sobre mitos y leyendas relacionados con los eclipses, en especial los de Sol<sup>53</sup>. Asimismo, es muy importante investigar sobre las cosmovisiones de pueblos originarios, en especial de América Latina y de Argentina, asociadas a los eclipses de Sol y de Luna<sup>54</sup>.
- Realizar encuestas a los vecinos más viejos de la localidad donde se observará el eclipse, y a los miembros de las familias de la escuela de pertenencia, sobre las ideas que poseen sobre los eclipses y sobre cuáles recuerdan haber visto cuando niños<sup>55</sup>.
- Más allá de trabajar sobre los eclipses, es también un momento adecuado para abordar, por ejemplo, el tema luz y sombras, las características del Sol y de la Luna, analizar las dimensiones y los movimientos de los cuerpos del Sistema Solar y estudiar las fases lunares.

---

<sup>51</sup> Sugerimos explorar las Actas del Workshop de Difusión y Enseñanza de la Astronomía (WDEA II, Esquel, 2017; WDEA III, San Juan, 2019), donde se encontrará una gran cantidad de recursos, ejemplos, discusiones, y fundamentos teóricos acerca del estudio de los eclipses, de su difusión y de la enseñanza asociada a ellos. Disponibles en <http://sion.frm.utn.edu.ar/WDEAII/> y <http://sion.frm.utn.edu.ar/WDEAIII/>

<sup>52</sup> Recomendamos para estos ejercicios de imaginación especulativa la lectura del cuento “Al caer la noche”, de Isaac Asimov.

<sup>53</sup> Por ejemplo, la relación entre la salud, el embarazo y los eclipses, cuestión que puede consultarse, por ejemplo, en Castro, R. (1995). La lógica de una de las creencias tradicionales en salud: eclipse y embarazo en Ocuituco, México. *Salud Pública de México*, 37, 4, pp.329-338. Instituto Nacional de Salud Pública. Cuernavaca, México, disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/106/10637408.pdf>.

<sup>54</sup> Es de gran interés el conjunto de estudios sobre Astronomía en la Cultura que desarrollan los miembros de la Sociedad Interamericana de Astronomía en la Cultura (SIAC), que recomendamos enfáticamente: <http://siac.fcaglp.unlp.edu.ar/>

<sup>55</sup> Ver Camino, N. y Paolantonio, S. (2017). Eclipses de cuando éramos chicos: recuerdos vivencialmente significativos de eclipses de sol. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia – RELEA*, 24, pp.69-101, disponible en <http://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/index>.

- Para concretar las observaciones de estos fenómenos, los estudiantes tienen que planificarlas, emitir hipótesis sobre los distintos aspectos de los eclipses a partir de lo estudiado sobre el tema, medir distintos parámetros, así como describir y registrar lo observado, todo lo cual permite avanzar sobre la forma en que se hace ciencia. En especial, registrar los sutiles cambios que ocurren en la luminosidad del entorno reviste gran interés (variación en la intensidad de la luz ambiente, en los colores, en las sombras), y la variación en las corrientes de aire y en los valores de la temperatura local.

Es muy importante tener en cuenta que, como se expresó antes, los eclipses son procesos, que deben ser acompañados en su observación y vivencia desde el inicio hasta el final, ya no únicamente en los pocos minutos de totalidad (o anularidad<sup>56</sup>).

Así, al planificar las actividades, es importante tener en cuenta que, aunque el cielo esté nublado parcialmente o durante ciertos períodos de tiempo durante la evolución del eclipse, la observación debe continuar, registrándose las variables antes mencionadas, ya que todo es parte de una actividad de tipo científica (además de educativa y cultural) como la propuesta.

Más aún, es interesante planificar actividades alternativas en caso que las condiciones atmosféricas se presenten desfavorables, por ejemplo, prever la proyección del eclipse aprovechando que será transmitido por Internet desde distintos lugares, o si no fuera posible planificar la visualización del mismo y la discusión en clase, a través de videos producidos en lugares con condiciones satisfactorias.

Vale analizar con los estudiantes distintos episodios históricos de expediciones realizadas para la observación de eclipses solares, algunas de las cuales fueron frustradas por la presencia de nubes, tal como las del Observatorio Nacional Argentino realizadas en 1912 y 1914<sup>57</sup>. Estas experiencias “frustradas” son también parte importante del quehacer científico, y conocerlas permite eludir cierto “exitismo” vigente en la divulgación pública de los procesos y resultados científicos.

## **HISTORIA DE LA CIENCIA Y LOS ECLIPSES EN ARGENTINA**

Es reconocido el aporte significativo y el potencial de la Historia de las Ciencias en el contexto de la Enseñanza de las Ciencias para la superación de ciertas barreras epistemológicas en la construcción del conocimiento científico, para definir contenidos fundamentales de la enseñanza, dar una imagen más cercana y acorde de la ciencia y sus procesos, y proporcionar herramientas para comprender su situación actual.

Posibilita además el reconocimiento de las ciencias como parte de la cultura de la humanidad y la revalorización de las mismas y sus representantes para el desarrollo de una comunidad.

Una aproximación histórica a las ciencias implica un giro en la forma de concebir éstas y en el modo de presentarlas y plantearlas al estudiante, y permite ofrecer elementos para comprender integralmente los conceptos, teorías y métodos científicos válidos, posibilitando tomar conciencia sobre el papel que los científicos han jugado históricamente en la evolución de la sociedad<sup>58</sup>.

---

<sup>56</sup> Como ejemplo, el próximo eclipse total de Sol del 14 de diciembre de 2020 durará, en total, aproximadamente 3 horas 30 minutos, y la totalidad será de aproximadamente 2 minutos.

<sup>57</sup> Sobre el tema ver Córdoba Estelar, Capítulo 20, disponible en [/www.cordobaestelar.oac.uncor.edu/Capitulo20.pdf](http://www.cordobaestelar.oac.uncor.edu/Capitulo20.pdf).

<sup>58</sup> Bono L. y Paolantonio S. (2003). La enseñanza de historia de las ciencias en la enseñanza y aprendizaje de las Ciencias Naturales. Servicio Educativo, 7, 48. Disponible en <https://historiadelaastronomia.files.wordpress.com/2008/12/historiaciencia1.pdf>.

---

### *El conocimiento de la historia ayuda a comprender a la ciencia...*

- *Como un sistema de ideas establecidas provisionalmente en forma colectiva en el marco de la comunidad científica.*
  - *Influenciadas por el contexto socio-histórico y geográfico en que se desarrollan, y las necesidades sociales presentes a través del tiempo.*
  - *Que adquieren significado dentro de un marco comunicativo que se establece entre pares y con la sociedad en general.*
  - *Relacionadas directamente con las tecnologías de las que se nutren y a las que aporta.*
- 

Desde esta perspectiva, la incorporación de la Historia en la Enseñanza de la Astronomía en general y de los eclipses en particular resulta imprescindible. Las propuestas que se realicen no se deben limitar a relatos temporales de los acontecimientos a través del tiempo o a las biografías de algunos personajes; por el contrario, es importante que se incorporen los problemas que se han planteado los investigadores y las diversas aproximaciones que desde posiciones filosóficas, marcos teóricos y estrategias metodológicas distintas, se han interpretado las problemáticas estudiadas<sup>59</sup>.

Si bien se puede encontrar una abundante bibliografía general relacionada con los eclipses y su estudio, es relativamente escasa la vinculada a lo realizado en Argentina, por lo que, a continuación, se brinda un breve resumen de algunos de los trabajos emprendidos en el país, con varias referencias ampliatorias, que se espera sirva de base para poder trabajar la enseñanza de estos fenómenos incluyendo un enfoque histórico.

El primer registro de la observación de un eclipse de Sol en Argentina que se puede identificar es del 20 de enero de 1833, que se presentó como anular para la zona cordillerana. El fenómeno fue observado desde la ciudad de Buenos Aires, donde se lo apreció como parcial, por Octavio Fabrizio Mossotti.

Este físico y astrónomo nacido en Novara (hoy Italia), tenía a cargo la cátedra de Física Experimental y Astronomía en la Universidad provincial de Buenos Aires. Mossotti, el primer astrónomo profesional que actuó en el país, se instaló en las celdas altas del Convento de Santo Domingo de Buenos Aires, donde organizó un pequeño observatorio astronómico y meteorológico que mantuvo hasta su retorno a Europa en 1833<sup>60</sup>.

En 1871 se inauguró el Observatorio Nacional Argentino en la ciudad de Córdoba<sup>61</sup>, lo que marcó el comienzo de la institucionalización en el país de la Astronomía y la ciencia en general (junto a la Academia Nacional de Ciencias creada contemporáneamente). Entre sus objetivos fundacionales no se contemplaba la observación de eclipse, por lo que el estudio de estos fenómenos fue muy limitado. En cambio, el Observatorio Astronómico de La Plata<sup>62</sup>, creado en 1883, sí incluía entre sus tareas la investigación de eclipses.

---

<sup>59</sup> Paolantonio S. y Bono L. (2003). Diferentes enfoques didácticos en la enseñanza de la historia de las ciencias. Servicio Educativo, 7, 49. Disponible en <https://historiadelaastronomia.files.wordpress.com/2008/12/historiaciencia2.pdf>.

<sup>60</sup> Se trata del convento vinculado a los acontecimientos ocurridos durante la invasión inglesa de 1807. Puede consultarse "El Observatorio Astronómico del convento de Santo Domingo", disponible en <https://historiadelaastronomia.wordpress.com/documentos/santo-domingo/>.

<sup>61</sup> <http://oac.unc.edu.ar/institucionales/historia/> y <http://www.cordobaestelar.oac.uncor.edu/>.

<sup>62</sup> <http://www.fcaglp.unlp.edu.ar/historia>.



El 16 de abril de 1893 se presentó el primer eclipse total de Sol cuya sombra transitó territorio argentino con posterioridad a la creación de los primeros grandes observatorios. La institución platense dispuso la publicación de efemérides con la información necesaria para su observación para numerosas localidades argentinas. El Observatorio Nacional, planificó y envió una expedición para observarlo en la localidad de Rosario de la Frontera en Salta, pero al momento en que ocurrió el fenómeno el cielo se encontraba cubierto<sup>63</sup>.

A partir de principios del siglo XIX en el observatorio de Córdoba se inicia una nueva línea de investigación de eclipses totales para el estudio del Sol. Como trabajo inicial se planificó la observación del eclipse que ocurriría en 1912, visible desde Brasil, que se constituiría en la primera expedición argentina al exterior destinada a observar estos fenómenos<sup>64</sup>.

En esta oportunidad, por pedido del astrónomo alemán Erwin Freundlich, encargado por Albert Einstein para intentar una confrontación de una de las predicciones de su teoría, entonces casi desconocida, se incluyeron instrumentos para este fin. El encargado de la comitiva fue el director del observatorio, Charles D. Perrine, que viajó a la localidad de Cristina junto a otros tres empleados de la institución<sup>65</sup>. Pero a pesar que todo estaba listo, una gran tormenta impidió observar el eclipse (Figura 41).



**Figura 41.** Expedición del Observatorio Nacional Argentino para observar el eclipse total de Sol del 10/10/1912, que se instaló en la localidad de Cristina, Brasil. El conjunto de cámaras ubicado en el extremo izquierdo de la imagen, fueron las destinadas a la verificación de la Teoría de la Relatividad. Éste fue el primer intento de confirmar las predicciones de Einstein, pero una tormenta que impidió observar el eclipse (*Archivo OAC, dig. S. Paolantonio*).

<sup>63</sup> <https://historielastronomia.wordpress.com/documentos/eclipse1893/>.

<sup>64</sup> Ver “A un siglo del primer intento de verificar la Teoría de la Relatividad”, disponible en <https://historielastronomia.wordpress.com/2012/10/10/a-un-siglo-del-primer-intento-de-verificar-la-teoria-de-la-relatividad/>.

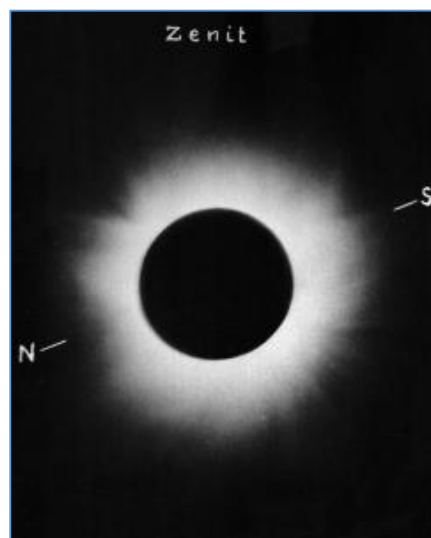
<sup>65</sup> Paolantonio S. y Minniti E. (2017). Intentos argentinos para probar la Teoría de la Relatividad. BAAA, 50. Disponible en <https://historielastronomia.files.wordpress.com/2008/12/2007baaa50359p.pdf>.

Nuevas expediciones se realizaron en 1914, enviada a Crimera, a orillas del Mar Negro<sup>66</sup>, y a Venezuela en 1916. Por problemas económicos derivados de la Gran Guerra, no pudo enviarse la expedición al eclipse de 1919, visible en el norte de Brasil, oportunidad en que finalmente se corroboró la predicción de Einstein.

En enero de 1927 el Observatorio de La Plata estudió un eclipse anular y posteriormente en 1947, tanto el Observatorio Nacional como el platense lograron realizar diferentes observaciones de un eclipse total de Sol desde Corrientes, Itatí y Villa de Soto. Se realizaron fotografías y espectros para el estudio de la corona solar y se filmó el evento, con el propósito de determinar la distancia entre dos puntos de Sudamérica y África, por medio de la determinación exacta de los instantes de contacto, en colaboración con el Instituto Geodésico de Finlandia<sup>67</sup> (Figura 42 y Figura 43).



**Figura 42.** El Dr. B. Dawson del Observatorio de La Plata, observa el eclipse del 20/5/1947 desde la azotea de la Basílica de Itatí, acompañado por numerosos aficionados<sup>58</sup>



**Figura 43.** Fotografía de la corona solar obtenida durante el eclipse de Sol del 20/5/1947 por la comisión del Observatorio de Córdoba desde Corrientes. (Archivo OAC, dig. S. Paolantonio).

A partir de este momento, en ambos observatorio se efectuaron diversos trabajos relacionados con los eclipses<sup>68</sup>, concretándose expediciones para observarlos en distintas oportunidades, tal como en 1952 y en 1966, el primero que se estudió desde Argentina en radiofrecuencias y lanzamiento de cohetes sondas<sup>69</sup>.

<sup>66</sup> <https://historiadelastronomia.wordpress.com/documentos/de-cordoba-al-mar-negro/>.

<sup>67</sup> <https://historiadelastronomia.wordpress.com/documentos/eclipse1947/>.

<sup>68</sup> <https://historiadelastronomia.wordpress.com/2018/02/17/observaciones-de-eclipses-de-sol-realizadas-en-argentina-1810-1950-i/>

<sup>69</sup> Bajaja E. (2009). *Historia del IAR*, en *Historia de la Astronomía Argentina*. AAAABS 2, p.247-248, La Plata. Disponible en <http://www.astronomiaargentina.org.ar/uploads/docs/aaabs2.pdf>.

## COMENTARIOS FINALES, A MODO DE SÍNTESIS

Para finalizar el presente documento, nos interesa reforzar distintos aspectos que consideramos de trascendental importancia para la enseñanza de los eclipses, y para la Enseñanza de la Astronomía y de las ciencias en general. La ocurrencia de eclipses de Sol, en especial, nos brinda las siguientes posibilidades:

- Son “oportunidades didácticas”, surgidas de la naturaleza, transformadas socialmente, y resignificadas para la Educación y la Cultura.
- Posibilitan fortalecer el estudio de la Historia y la Epistemología de la Astronomía, vinculándonos con pensadores de siglos atrás, comprendiendo cómo se construye conocimiento científico a partir de observaciones realizadas con una diversidad de recursos (a ojo desnudo, con telescopios espaciales, etc.), y con miradas que a través de los siglos fueron modificando nuestra imagen del universo y de la civilización humana en su vida en la Tierra.
- Posibilitan conocer, comenzar a comprender y respetar que todos los pueblos del mundo y de todas las épocas, sin excepción, construyeron cosmovisiones propias asociadas al cielo, en las que los eclipses de Sol tuvieron un protagonismo especial, siendo la Astronomía actual una de ellas.
- Posibilitan recuperar el concepto de “proceso”, no sólo en la Astronomía sino en toda la Educación en Ciencias. Estamos acostumbrados a trabajar con “fotos”, y nos hemos olvidado de que la evolución temporal y el cambio es lo esencial a la naturaleza. Asimismo, nos permiten retomar la visión tridimensional del entorno astronómico. La educación ha ido reduciendo a imágenes planas en contextos espaciales y temporales reducidos, lo que ha traído como una de sus más dañinas consecuencias para el aprendizaje la dificultad de imaginar procesos en el espacio y en el tiempo propios de lo astronómico, lo que a su vez dificulta la comprensión de fenómenos básicos.
- Por último, son oportunidades para recuperar la vivencia de los fenómenos naturales, en especial los de “una vez en la vida”, como los eclipses de Sol, fortaleciendo la dimensión social, el compartir con otros la posibilidad de tal vivencia existencial con el cielo.



**¡¡No se pierdan el eclipse total de Sol del 14 de diciembre de 2020!!**

**¡¡QUE LO DISFRUTEN!!**

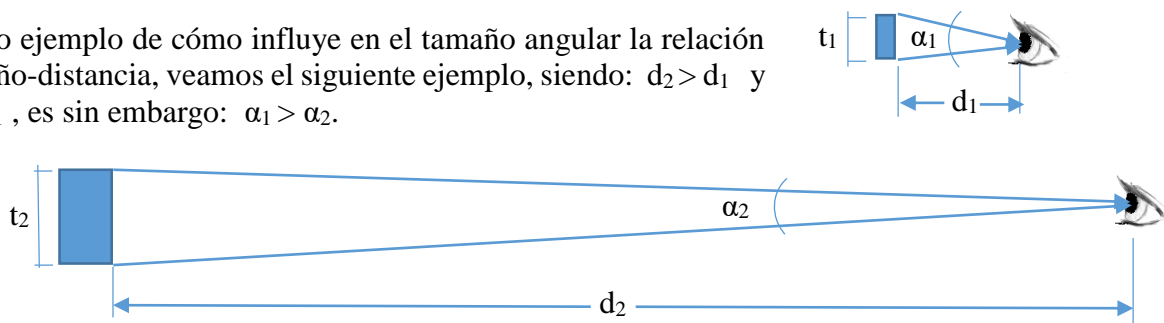
## Anexo 1

El tamaño angular de un objeto, tal como un astro, es el ángulo con el que lo ve un observador. Este concepto es importante para poder interpretar diversas observaciones, en especial las astronómicas. En la Educación Primaria, el mismo se puede abordar planteando que el tamaño aparente con que se aprecia un objeto, depende de su tamaño y de su distancia. La observación desde un mismo punto de un objeto pequeño cercano y uno grande lejano (ambos previamente desconocidos por los estudiantes), será una actividad adecuada para esto. En la Educación Secundaria, puede analizarse con mayor detalle a partir de gráficos sencillos como el mostrado y eventualmente se pueden calcular los valores relacionados con trigonometría básica.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\text{tamaño lineal del objeto}}{\text{distancia al objeto}} \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{t}{d}$$

con  $\alpha$  significando el tamaño angular del objeto observado (las longitudes  $t$  y  $d$  deben estar expresadas en las mismas unidades).

Como ejemplo de cómo influye en el tamaño angular la relación tamaño-distancia, veamos el siguiente ejemplo, siendo:  $d_2 > d_1$  y  $t_2 > t_1$ , es sin embargo:  $\alpha_1 > \alpha_2$ .



## Anexo 2

El menor tamaño angular del Sol es de unos  $31,5'$  ( $0,525^\circ$ ) (Figura 2), por lo tanto, para que se pueda dar un eclipse total el diámetro aparente de la Luna debe ser al menos igual que este valor, lo que implica una distancia a la Tierra igual a (ver anexo 1)<sup>70</sup>:

$$\operatorname{Dist}_{\text{Luna}} = \frac{\operatorname{diam}_{\text{Luna}}}{\operatorname{tg} 0,525^\circ} = \frac{3.476 \text{ km}}{\operatorname{tg} 0,525^\circ} = 379.342 \text{ km}$$

Si en el perigeo (mínima distancia a la Tierra) la Luna se encuentra a una distancia mayor que el valor calculado, ya no podrá haber eclipses totales. En la actualidad, la distancia de la Luna en el perigeo es de 357.000 km, por lo que deberá alejarse  $379.342 \text{ km} - 357.000 \text{ km} = 22.342 \text{ km}$  para que se presente esta situación.

Considerando que el ritmo con que la Luna se aleja de la Tierra es de 3,8 cm por año, tardará en recorrer los 22.342 km (2.234.200.000 cm):

$$\operatorname{Tiempo}_{\text{Luna}} = \frac{2.234.200.000 \text{ cm}}{3,8 \frac{\text{cm}}{\text{año}}} \approx 588.000,00 \text{ año}$$

Esto es, dentro de algo más de 588 millones de años, en su momento de mayor acercamiento a la Tierra, la Luna estará a una distancia algo mayor a los 379.342 km, por lo que su tamaño angular será un poco menor de  $31,5'$ , por lo que ya no podrá eclipsar totalmente al Sol y por consiguiente ya no se podrán producir eclipses totales de Sol.

<sup>70</sup> Las cantidades empleadas fueron tomadas de Moon Fact Sheet, disponible en <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/moonfact.html>.



**El presente documento se terminó de editar en Esquel, Chubut, Patagonia, y Córdoba, Córdoba, Argentina, durante agosto de 2020, transcurriendo la cuarentena nacional dispuesta en prevención ante la pandemia planetaria provocada por el virus COVID-19.**

Paolantonio, Santiago  
Eclipse total de Sol del 14 de diciembre de 2020 / Santiago Paolantonio ; Néstor Eduardo Camino. - 1a ed. - Córdoba : Santiago Paolantonio, 2020.  
Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online  
ISBN 978-987-86-6065-3

1. Eclipses Solares. 2. Astronomía. 3. Material Auxiliar para la Enseñanza. I. Camino, Néstor Eduardo. II. Título.  
CDD 523.78



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución - [No Comercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

