



GOBIERNO DE
CORDOBA
ENTRE TODOS

LOS
**ECLIPSES
DE SOL**
y su enseñanza

En oportunidad del eclipse total de Sol
del 2 de julio de 2019, visible desde
la República Argentina

Subsecretaría de
**PROMOCION DE IGUALDAD
Y CALIDAD EDUCATIVA**

Secretaría de
EDUCACIÓN

Ministerio de
EDUCACIÓN

LOS ECLIPSES TOTALES DE SOL Y SU ENSEÑANZA

En oportunidad del eclipse total de Sol del 2 de julio de 2019, visible desde la República Argentina.

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 Primaria y Secundaria.

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 a 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 total de Sol que tendrá lugar el 2 de julio de 2019¹. 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. 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 ha dibujado con el Sur en dirección a la parte superior de la página, no respetando lo convencional. Esto se realiza teniendo en cuenta que en el espacio no existe punto de referencia absoluto y como reivindicación de nuestra posición austral en el planeta. Sobre la importancia del empleo de mapas "invertidos" o "rotados"² 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.

¹ Sobre las circunstancias en que sucederá este eclipse en la provincia de Córdoba se puede consultar "Eclipse de Sol en Córdoba" disponible en <http://eclipse2019.abc.unc.edu.ar/>

² 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 los de los fenómenos celestes y terrestres a través de la Teoría de la Gravitación, o el descubrimiento de 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.

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 verificaciones y descubrimientos que están posibilitando una expansión sin precedentes del conocimiento sobre el universo, superando ampliamente todo lo antes conocido. 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 exo o astrobiología³. 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

³ Sobre el tema se puede consultar www.iac.es/gabinete/difus/ciencia/annia/astrobio.htm.

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 Géminis, 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 Géminis y el Observatorio Pierre Auger Sur⁴. 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 salteña⁵ y el Proyecto Llama de radioastronomía, que se está instalando también en esa provincia del norte⁶.

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 observatorio⁷. 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 Duschmusterung 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 Argentina⁸. Otro tanto ocurrió con el resto de establecimientos astronómicos que se crearon con posterioridad: el Observatorio Astronómico de

⁴ El Observatorio Géminis consta de dos telescopios de 8 metros de diámetro, uno ubicado en Chile y otro Hawái (www.geminiaustralia.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).

⁵ <https://cam.unc.edu.ar/>

⁶ www.llamaobservatory.org/presentations.htm

⁷ 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://historiadelastronomia.wordpress.com/documentos/santo-domingo/>.

⁸ Minetti 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/>.

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)⁹, más allá de las numerosas instituciones amateurs que desde principio del siglo XX actúan en el país¹⁰. En síntesis, puede afirmarse que en Argentina la Astronomía forma una parte significativa de la identidad de sus ciudadanos.

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 predecirlo, se constituyeron en importantes factores para el desarrollo de la ciencia. Probablemente fue el primer fenómeno natural que resultó posible de comprender y anticipar, y su predicción resultó ser una de las principales preocupaciones de los astrónomos en la antigüedad¹¹.

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 equinoccios¹², 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 Luna¹³, 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

⁹ 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>.

¹⁰ Sobre los grupos de aficionados puede consultarse <https://sites.google.com/site/weblada/> y "Orígenes de la astronomía amateur en Argentina", disponible en <https://historiadelaastronomia.wordpress.com/2017/05/07/origenes-de-la-astronomia-amateur-en-argentina/>.

¹¹ Couderc, P. (1961). Los Eclipses, Editorial Universitaria de Buenos Aires.

¹² 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.

¹³ 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.

elemento químico Helio¹⁴, 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 verificación exitosa de una de las predicciones de la Teoría de la Relatividad¹⁵, 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 coroneales.

Los estudios de estos fenómenos en la República Argentina¹⁶ comenzaron a llevarse adelante desde fines del siglo XIX, principalmente en el Observatorio Astronómico de La Plata. 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 Miguel¹⁷ o el prestigioso Instituto de Astronomía y Física del Espacio¹⁸, 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 verificar la Teoría de la Relatividad.

¹⁴ 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).

¹⁵ 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-ejnshtein/>.

¹⁶ 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/>.

¹⁷ Sobre la creación de este instituto consultar "Observatorio de Física Cósmica de San Miguel" disponible en <https://historiadelastronomia.wordpress.com/documentos/obssanmiguel/>.

¹⁸ <http://www.iafe.uba.ar/docs/solar.html>.

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 cuáles forman parte de asociaciones que agrupan cientos y hasta miles de miembros¹⁹. Las temáticas astronómicas resultan muy motivadoras para el estudiantado, por lo que se presentan como ideales para aproximar 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, 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.

¹⁹ 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 cae 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 de la Luna. Esto es posible debido a que los diámetros aparentes de ambos astros son muy similares, de aproximadamente medio grado, una notable casualidad.

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

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).



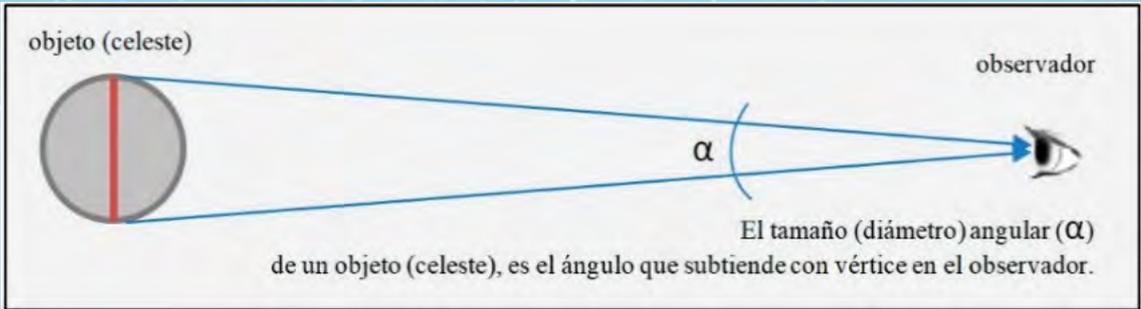
Figura 1. Eclipses de Sol: total (izquierda), anular (centro) y parcial (derecha)

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 de la Luna cambia entre 29,4’ (minutos de arco) y 33,5’, mientras que el del Sol lo hace entre 31,5’ y 32,5’²⁰ (Figura 2). En consecuencia, en

²⁰ Los valores indicados en más, son medios o aproximados, pues las distancias y movimientos, en especial de la Luna, varían notablemente. Por otro lado, los valores exactos en general no son necesarios para cumplir con los objetivos que se plantearon para el presente texto. Existe una abundante bibliografía en la que se dan con precisión y se discuten los distintos valores incluidos en este documento.

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 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 una idea (teoría o modelo científico) sobre porqué suceden



estos fenómenos, la que es planteada a continuación.

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 3). 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 lunar, dado que su diámetro es la misma cantidad de veces mayor.

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 al eclipse 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, mientras que los de Sol en Luna Nueva.

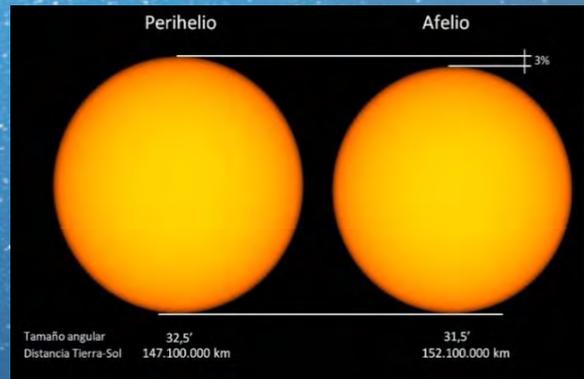


Figura 2

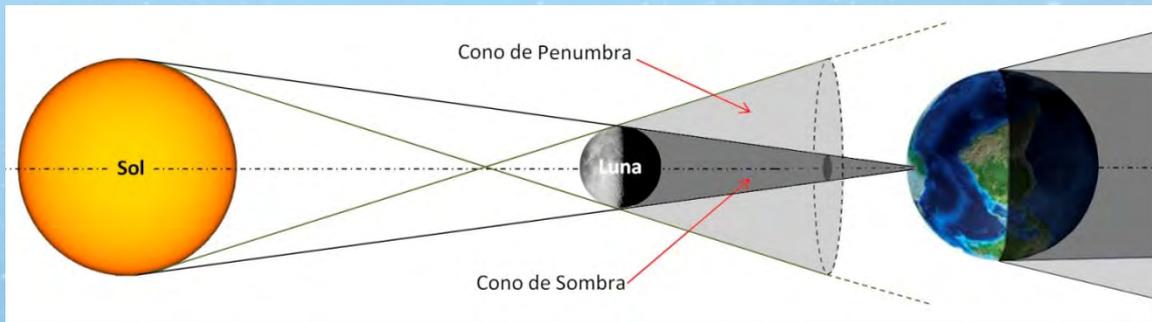


Figura 3. Conos de sombra (umbra) y penumbra proyectados por la Luna (fuera de escala)

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 ≈ 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 ≈ 384.400 km). Pero debido a que las órbitas (trayectoria que recorren en el espacio) de la Luna y de la Tierra son elípticas, sus tamaños aparentes varían ligeramente, tal como se mencionó anteriormente, según se encuentren en su posición más cercana o en la más lejana²¹.

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 2 y 4):

- Si la Luna se encuentra en el apogeo (diámetro angular $29,4'$), no puede tapar al Sol, pues aún estando la Tierra en el afelio, su diámetro aparente es mayor ($32,5'$). La distancia Tierra-Luna es mayor que la longitud de la sombra proyectada por la Luna. En el momento del máximo del eclipse, se ve un fino anillo de luz. El eclipse es anular.
- Si la Luna se encuentra en el perigeo ($33,5'$), siempre puede tapar completamente al Sol, dado que éste tiene como máximo $32,5'$ de diámetro

²¹ 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.

aparente. La longitud de la sombra lunar es mayor que la distancia Tierra-Luna. El eclipse dura más o menos según la posición de la Tierra en su órbita, que hace variar el disco solar entre 31,5' y 32,5'. Este eclipse es total.

A distancias intermedias sucede uno u otro tipo de fenómeno de acuerdo a 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 5).

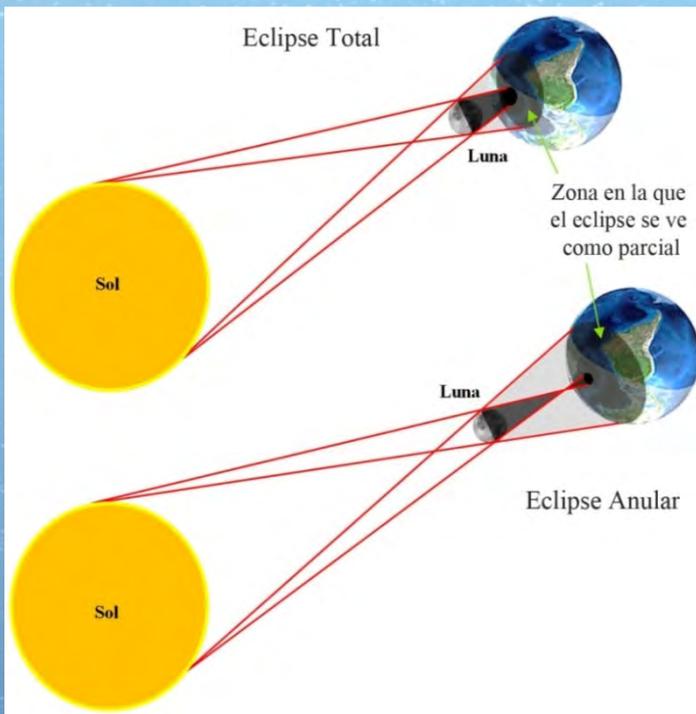
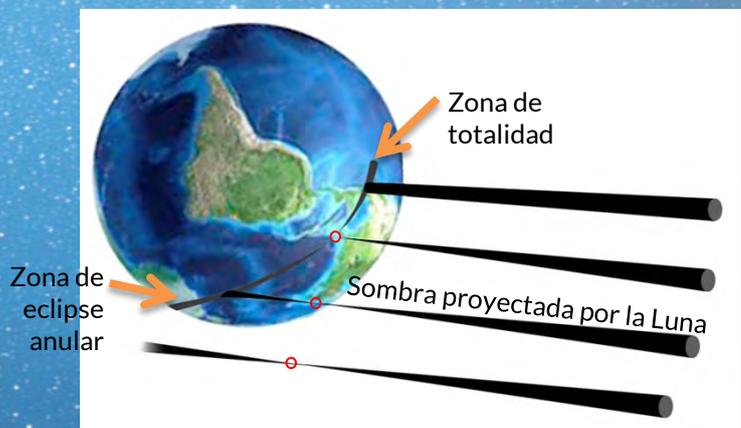


Figura 4. La longitud de la sombra proyectada por la luna depende de su distancia al Sol. A la vez, el tipo de eclipse también se relaciona con la distancia Tierra - Luna.

- 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 5. 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 se lo aprecia como anular. En el esquema no se representa la zona de parcialidad.



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 4), 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 totalidad.

La descripción de los eclipses de Sol depende del lugar donde se encuentra el observador.

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. Si bien la sección normal de la sombra tiene como máximo 260 km de diámetro, si corta la superficie oblicuamente sus dimensiones pueden ser mayores (Figura 11). 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 y 11).

En el mapa de la Figura 8 se dibujaron las trayectorias de las sombras de cuatro eclipses, 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 depende de las distancias Luna-Tierra y Sol-Tierra durante el fenómeno. Otra forma en que usualmente se muestran las áreas en que será visible un determinado eclipse, es con el esquema de la Figura 9, en éste 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, por ejemplo, para el caso mostrado, en Argentina tendrá una magnitud de 0,8 al norte y de 0,6 en el sur. Otro conjunto de líneas señalan los lugares en que el máximo del fenómeno ocurrirá a una hora determinada, expresada en Tiempo Universal²².

²² Para obtener la Hora Oficial Argentina, debe restarse 3 a la hora Universal (válido marzo 2019).

ECLIPSES DE SOL

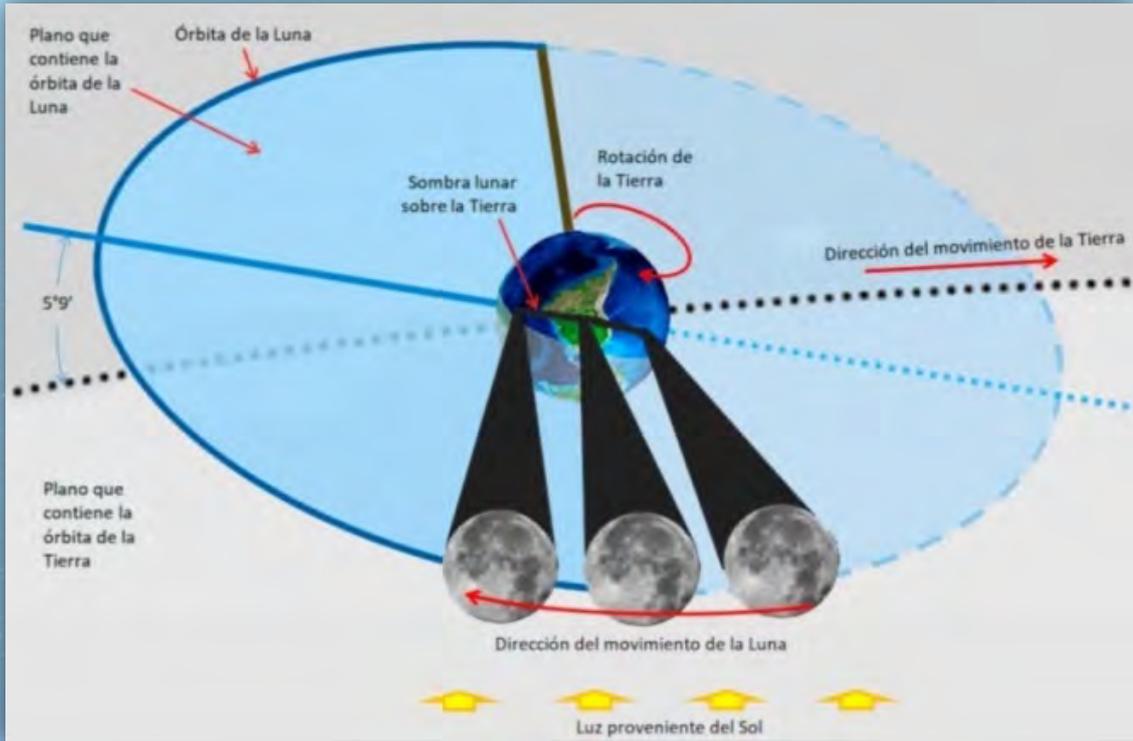


Figura 6. Durante un eclipse de Sol, la Luna y la Tierra se mueven en sus órbitas, a la vez que la Tierra gira sobre su eje, de modo que la sombra lunar traza una faja o banda sobre la superficie de la Tierra. No se representa el área de penumbra (fuera de escala)

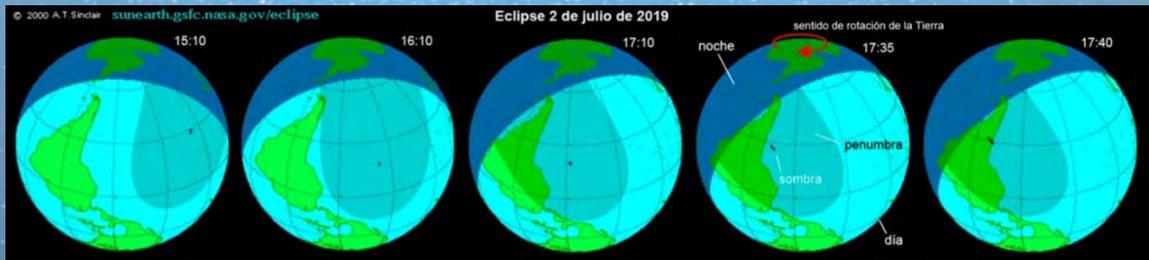


Figura 7. Durante un eclipse de Sol, la sombra y la penumbra recorren la superficie de la Tierra adoptando distintas formas. Se muestra, a modo de ejemplo, una sucesión de gráficos de cómo será en las áreas afectadas por el eclipse del 2 julio de 2019, para distintos momentos del fenómeno (arriba a la 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>,

ECLIPSES DE SOL



Figura 8 (adaptado de <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEatlas/SEatlas3/SEatlas2001.GIF>).

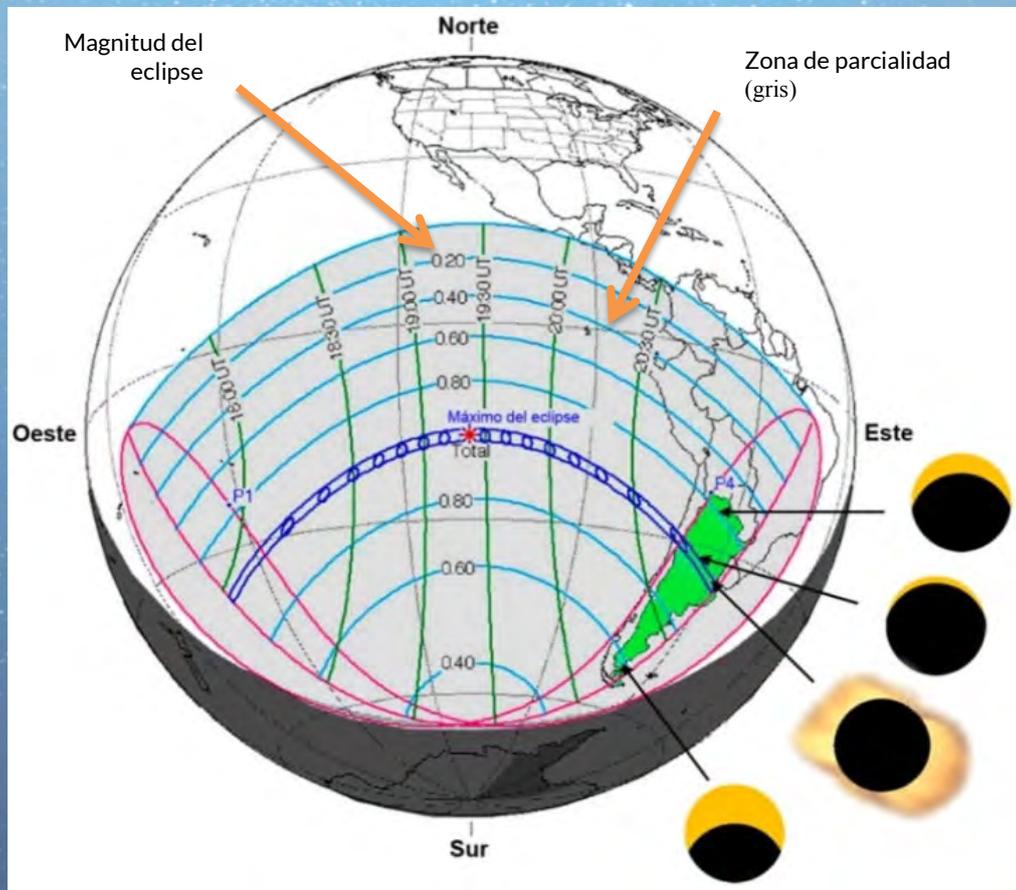


Figura 9 (adaptado de eclipse.gsfc.nasa.gov/SEplot/SEplot2001/SE2019Jul02T.GIF)

La “magnitud” del eclipse indica la fracción del diámetro del disco solar que es ocultado.

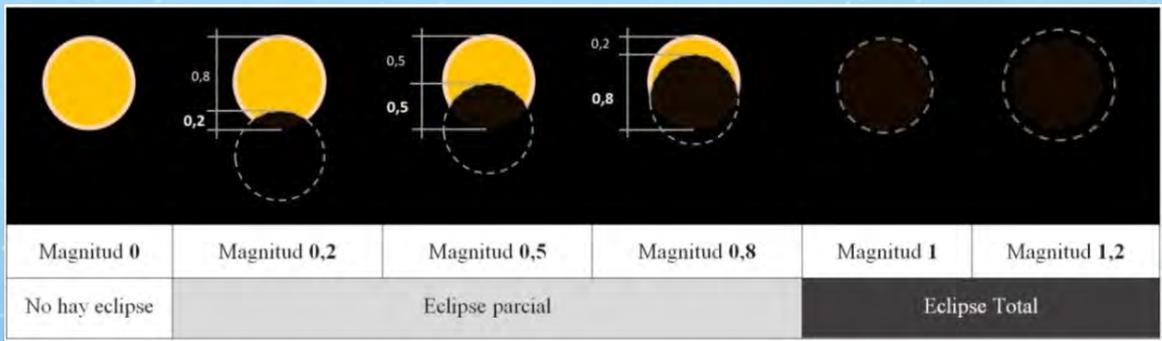


Figura 10. Esquema explicativo del parámetro “magnitud” de un eclipse

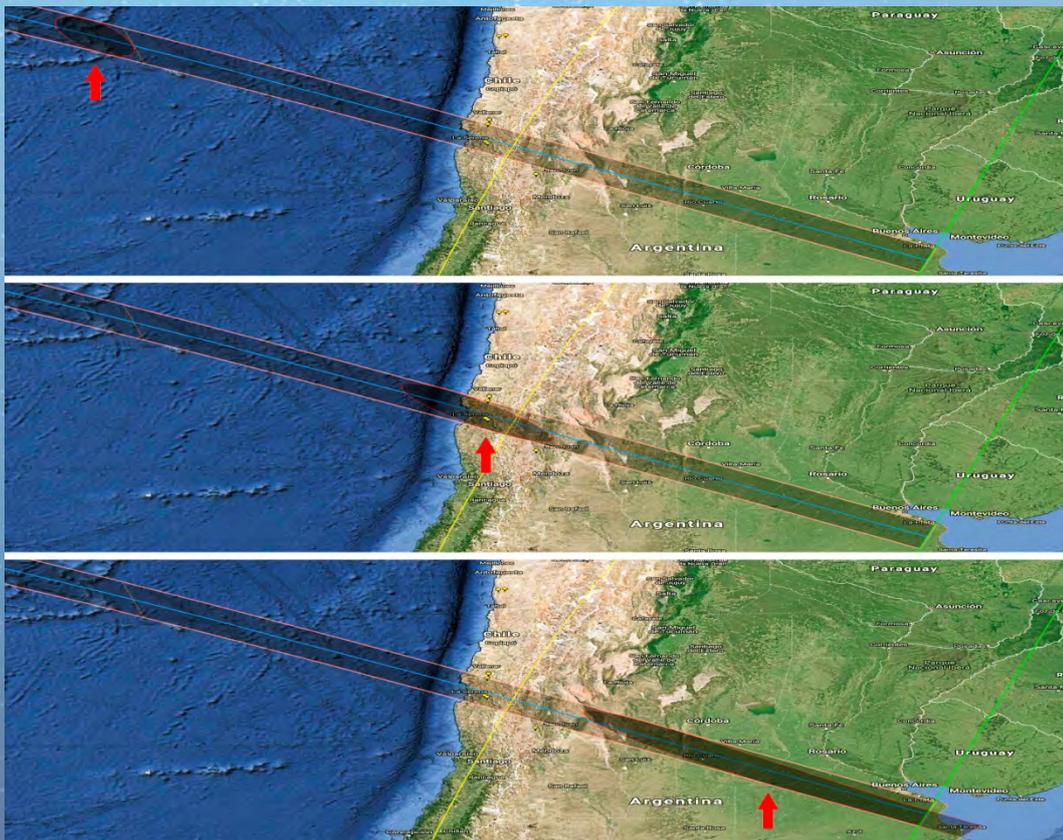


Figura 11. El área que cubre la sombra Luna sobre la superficie de la Tierra en un momento dado, tiene una forma ovalada. A lo largo del evento, cambia de acuerdo a la inclinación con que incide la sombra, a medida que la Tierra rota y la Luna se mueve. En esta imagen se aprecia la sombra en tres momentos distintos para el eclipse del 2 de julio de 2019, sobre el Océano Pacífico, Chile y cuando pasa por la provincia de Córdoba (Tomado de http://xjubier.free.fr/en/site_pages/solar_eclipses/TSE_2019_GoogleMapFull.html).

ECLIPSES DE SOL

Algunas consideraciones sobre los gráficos utilizados para explicar los eclipses.

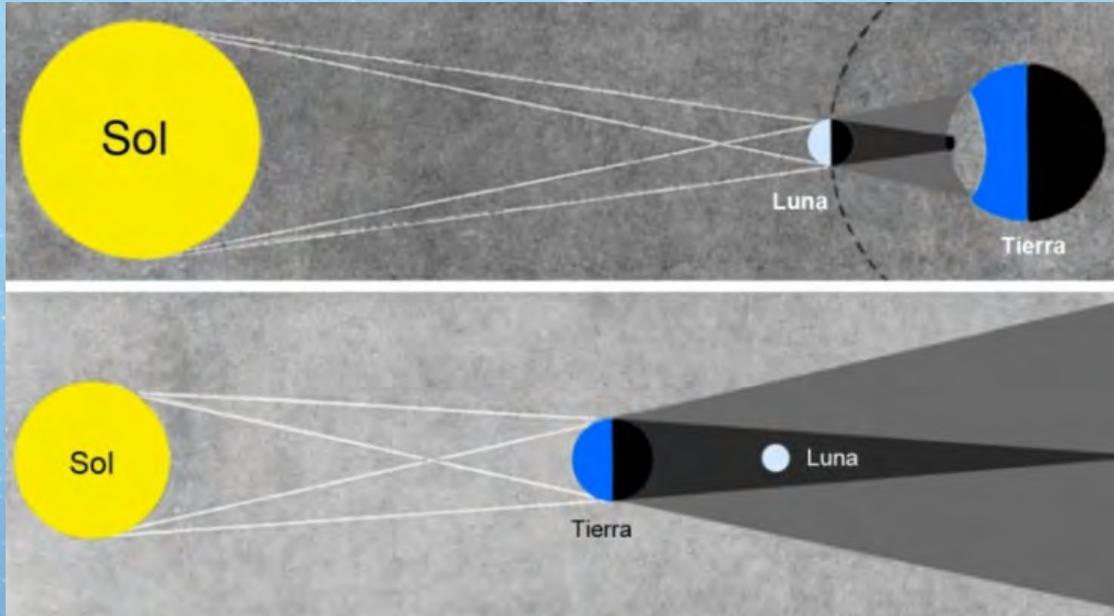


Figura 12. Arriba, gráfico explicativo del eclipse de Sol. Abajo, eclipse de Luna

Los gráficos mostrados en la Figura 12, son similares a los que se presentan con frecuencia en la bibliografía para explicar los eclipses de Sol y de Luna. En general, se los acompaña con algunas aclaraciones sobre la trayectoria 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, adolecen de algunos problemas que pueden llevar a dificultar la comprensión plena de estos fenómenos.

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? Al año ocurren entre 4 y 6 eclipses, en dos grupos separados aproximadamente cada 6 meses. ¿Por qué cada 6 meses?*

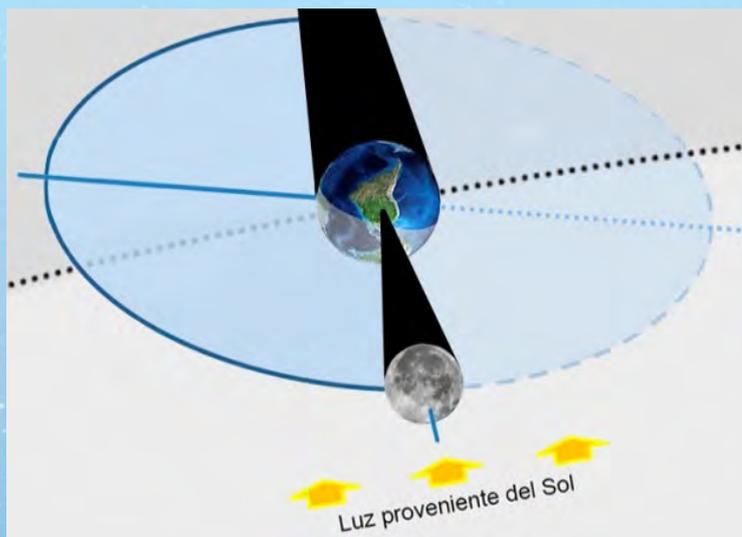
El problema de la explicación clásica de estos fenómenos celestes es que, aunque simple, resulta incompleta para contemplar varios aspectos observacionales relacionados. El origen de la dificultad es que los gráficos están presentados fuera de escala y en forma lineal. Las preguntas realizadas se responden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

La inclinación de $5^{\circ} 9'$ entre los planos de la órbita lunar (en la figura, destacados en tono celeste) y el de la Tierra (destacado en tono gris), provoca que en las posiciones identificadas con 1 y 3, las sombras proyectadas por la Luna o la Tierra no produzcan eclipses. 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”²³.

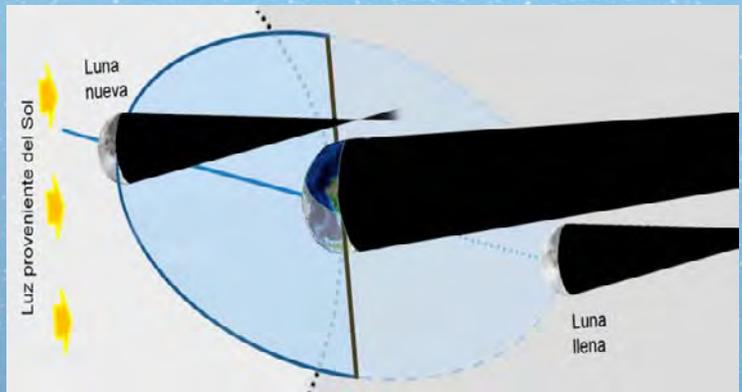
En el gráfico de la Figura 14 se ha representado a escala el sistema Tierra-Luna visto en forma rasante al plano de la órbita de la Tierra, resulta notable la diferencia con los anteriores gráficos. En las posiciones A y B (que se relacionan con las 1 o 3 de la Figura 13), la Luna se encuentra apartada 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 (de Sol).

²³ 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 12, “N”), se denomina nodo descendente, mientras que en el otro caso nodo ascendente (“n”).

ECLIPSES DE SOL



Cuando la alineación Sol-Luna-Tierra se da próxima a los nodos "n" o "N", pueden producirse eclipses, a la izquierda, el caso de un eclipse de Sol (no se muestra la penumbra).



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).

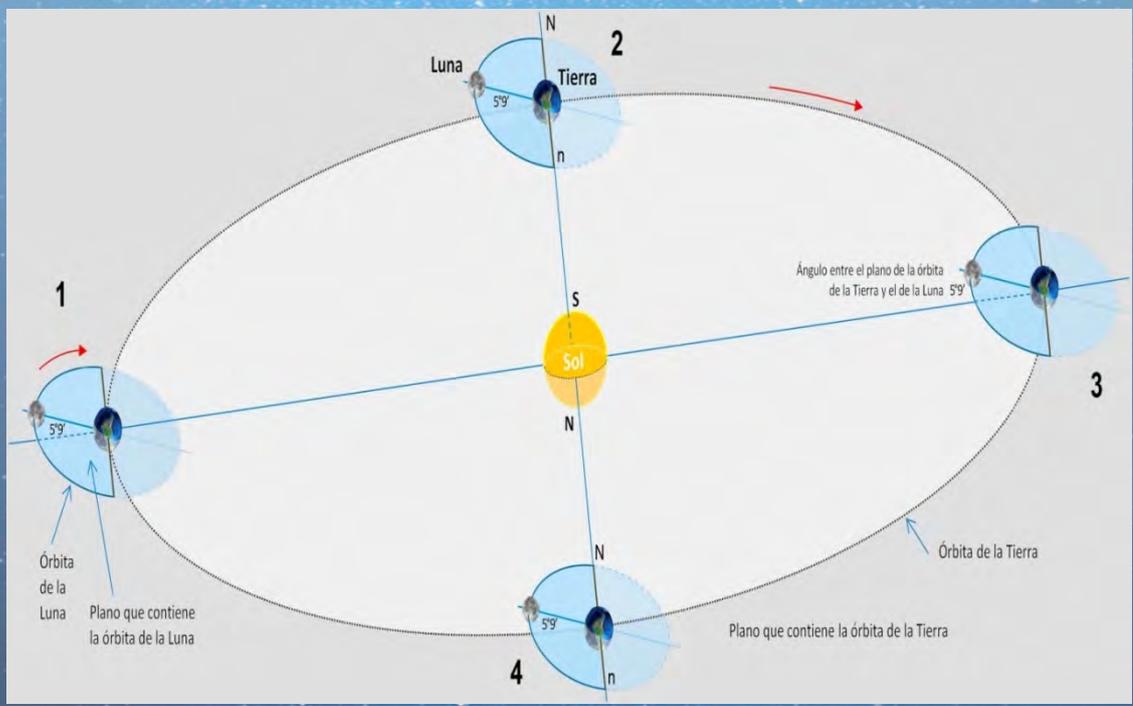


Figura 13. Representación de las órbitas de la Tierra y de la Luna. Las líneas rojas indican las direcciones de los movimientos (fuera de escala)

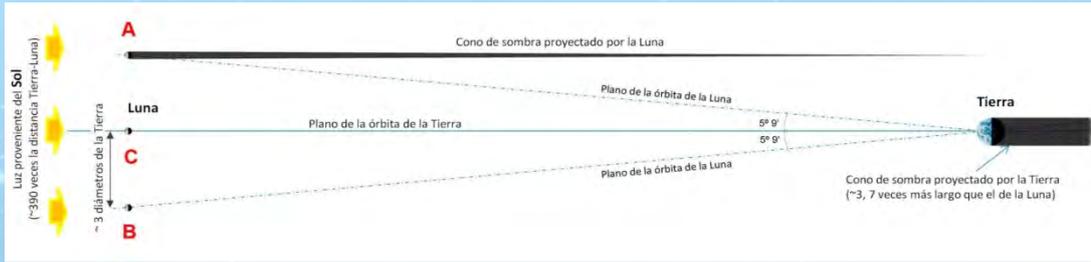


Figura 14. Gráfico a escala que representa una visión rasante a la órbita de la Tierra del sistema Tierra-Luna

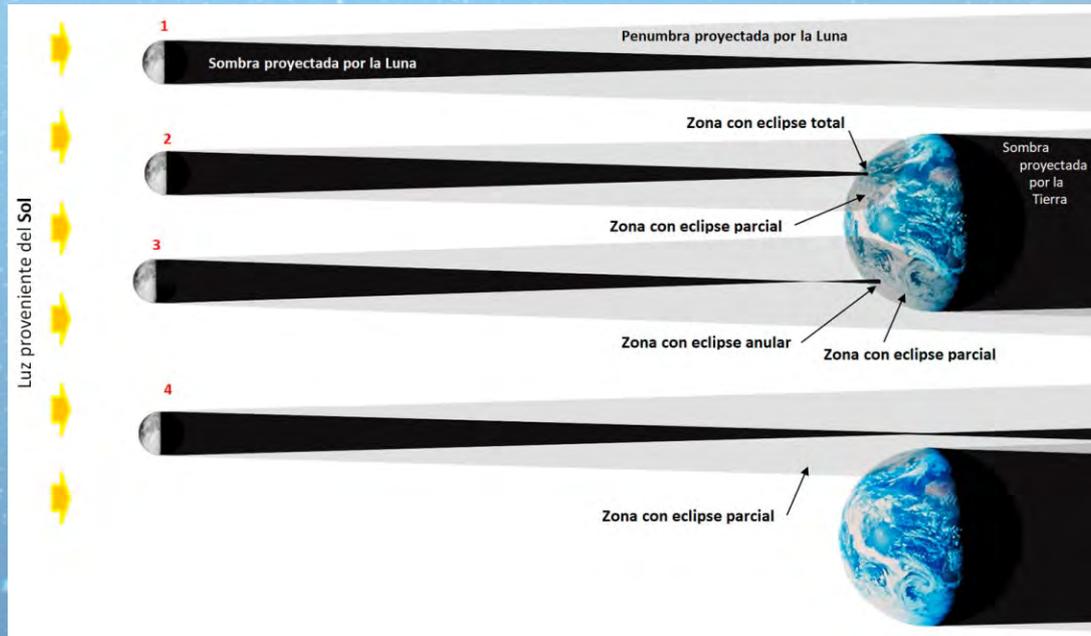


Figura 15. Posiciones relativas del Sol, la Luna y la Tierra según el tipo de eclipse (fuera de escala)

1. Ni la sombra ni la penumbra de la Luna tocan la Tierra, no hay eclipse.
2. La sombra toca la superficie terrestre produciendo un eclipse total, mientras que en el área en 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.



Figura 16. Extremos de la sombra lunar. La longitud de la sombra lunar varía entre ~ 366.400 km (57,5 radios de la Tierra) y 379.800 km (59,5 R_T). La distancia Tierra - Luna varía entre ~ 356.700 km (55,9 R_T) y 406.300 km (63,7 R_T).

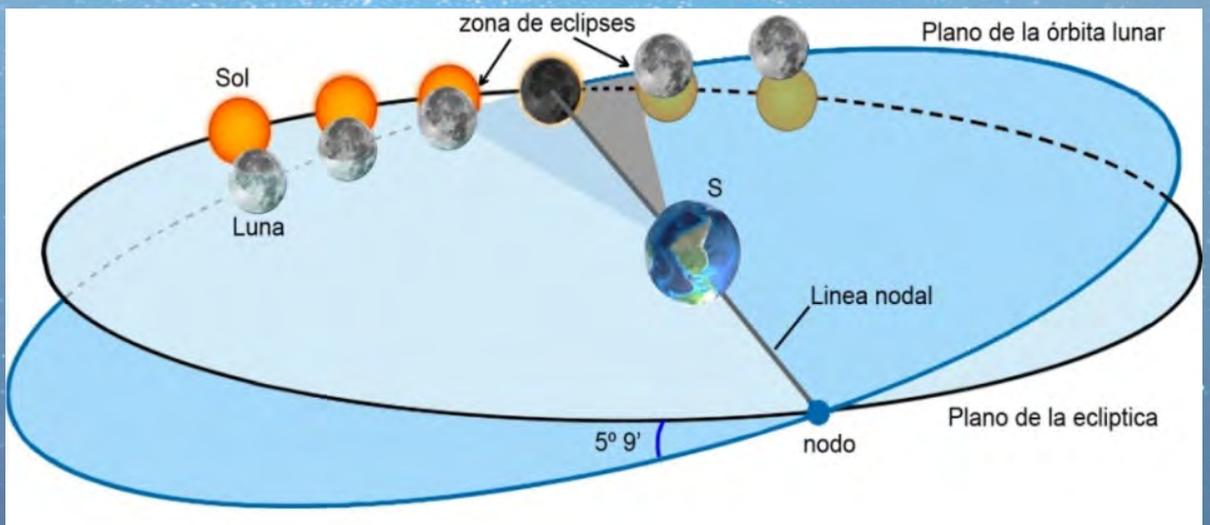


Figura 17. En esta representación geocéntrica se destaca la zona próxima a uno de los nodos, en la que acontecen los eclipses (en este caso de Sol) cuando la Luna se ubica en ella (fuera de escala)

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.

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 17).

Los eclipses se presentan cada aproximadamente 6 meses.

En la Figura 15 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).

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 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.

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. 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, y la Figura 18 lo aclara con un gráfico. Por este fenómeno la Luna describe en el espacio una órbita espiralada.

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 primera aproximación. Cada 9,3 años, los nodos recorren todos los puntos de la órbita.

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,

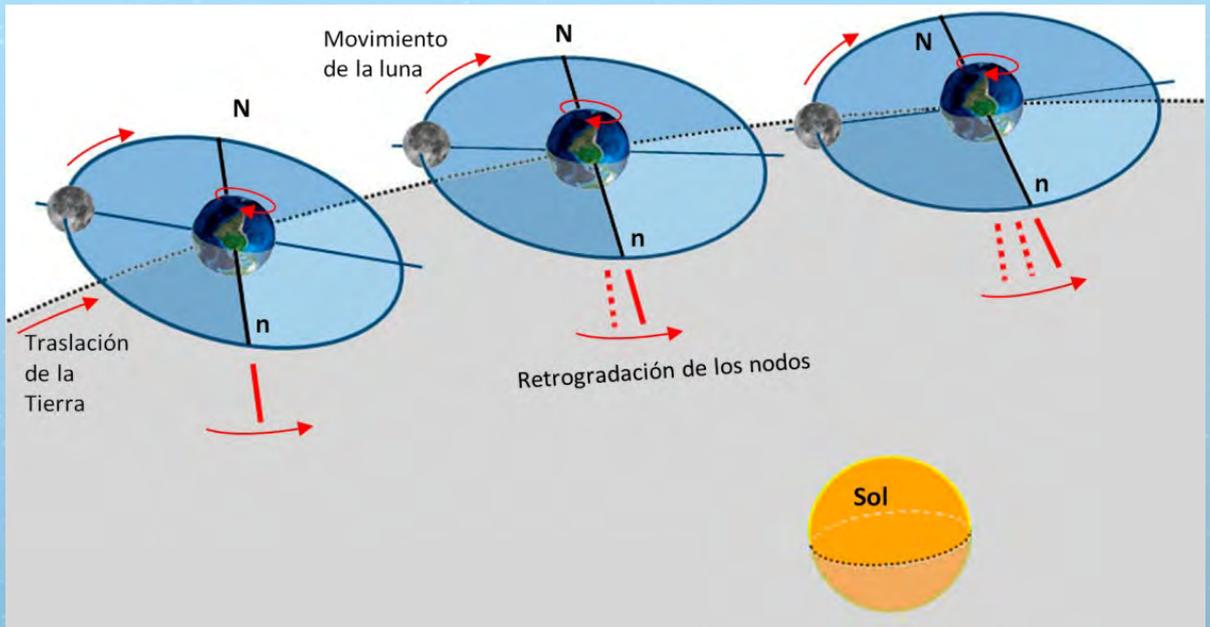


Figura 18. Esquema explicativo de la retrogradación de los nodos (fuera de escala)

De acuerdo a 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 días²⁴, al cabo de los cuales los eclipses se reproducen en el mismo orden, en las mismas lunaciones²⁵ 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 días²⁶.

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.

²⁴ 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.

²⁵ 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.

²⁶ A pesar que el número de eclipses de Luna y de Sol son casi idéntico, es más usual observar los primeros. La razón es que los lunares son vistos desde todos los puntos de la Tierra en que la Luna es visible al momento de ocurrir el fenómeno, en cambio, los 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.

¿SIEMPRE OCURRIRÁN ECLIPSES?

Se ha mencionado 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 la mínima distancia de la Tierra, su tamaño angular será menor que el del Sol. En esa época tan lejana, pero que para los tiempos astronómico no es muy grande, solo se podrán disfrutar eclipses parciales o anulares, ya no sucederán más totales, por lo que la corona nunca se podrá ver. 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.

Eclipses, ocultaciones y tránsitos.

¿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?

El primer paso para abordar estas preguntas es repasar la condición necesaria para un eclipse: la alineación de los astros. Esta alineación, además del Sol y la Luna, puede suceder con otros objetos celestes. Si bien en esencia se trata del mismo fenómeno, según los tamaños aparentes relativos de los cuerpos involucrados, se les otorga distinta denominación, y genéricamente se los menciona como ocultaciones²⁷.

Una ocultación se presenta cuando hay una alineación entre dos cuerpos celestes vistos desde la Tierra.

- Si el astro que oculta es de similar tamaño aparente que el ocultado, se denomina **eclipse**. Es el caso de lo que sucede con el Sol y la Luna.
- Si el astro que oculta es menor que el ocultado (en tamaño aparente), es un **tránsito**. Sucede con Venus y Mercurio, planetas interiores que cada cierto tiempo pasan por delante del disco solar.
- Si el astro que oculta es mayor que el ocultado (en tamaño aparente), se denomina **ocultación**. Esto sucede cuando la Luna pasa por delante de una estrella o un planeta.

²⁷ Se sugiere consultar <https://ocultacionesliada.wordpress.com/que-son/>

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, eclipses solo ocurren con la Luna y la Tierra, pues no hay otro astro que se interponga delante del Sol y lo pueda ocultar completamente.

Si pudiéramos ubicarnos en otros objetos del Sistema Solar, ¿podríamos ver eclipses?

¿Cómo se verían los eclipses desde la Luna? En el caso de un eclipse de Sol (visto desde la Tierra), desde la Luna no veríamos al Sol (pues estaría en una posición opuesta) mientras que apreciaríamos la Tierra en fase “llena” (la Tierra desde la Luna presenta fases, similares a las lunares, ver la Figura 20). Sobre la Tierra se observaría transitar la sombra proyectada por la Luna, tal como se muestra en la figura 19. 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 verá 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, es una ocultación.



Figura 19. Imágenes de la sombra y penumbra proyectadas por la Luna sobre la superficie terrestre durante un eclipse total de Sol. Izquierda, fotografía lograda el 11 de agosto de 1999 desde la estación espacial Mir. Derecha, sombra lunar sobre el norte de África, imagen obtenida por el satélite Meteosat-8 el 29 de marzo de 2006 (Ministerio de Medio Ambiente, España).



Figura 20. 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).

Figura 21. La Luna se mueve respecto al fondo de estrellas, las que con frecuencia oculta. Este fenómeno también sucede con los planetas, tal como se muestra en esta fotografía tomada en julio de 2014 desde Buenos Aires, justo en el momento en que la Luna oculta a Saturno (Carlos Di Nallo).

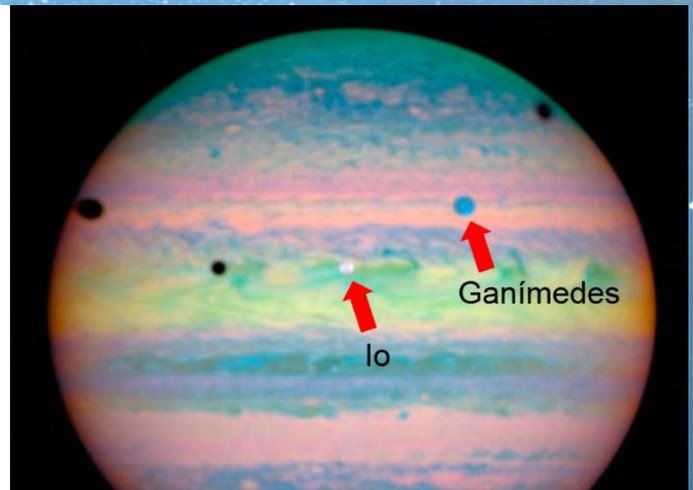
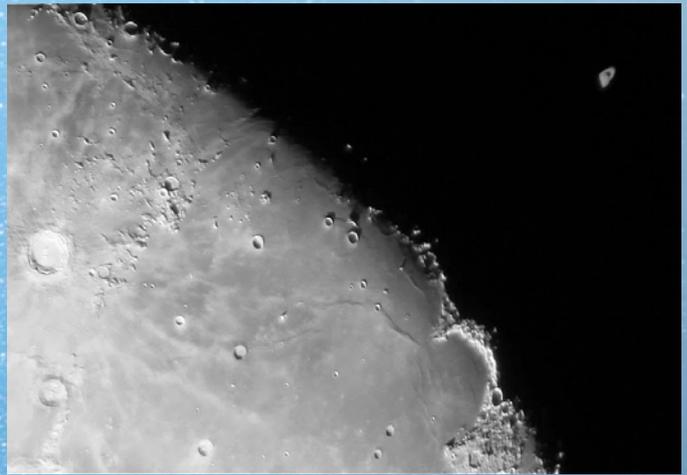


Figura 22. Eclipses en otros mundos. Izquierda, fotografía de Júpiter en la que se aprecia al satélite “Io” y su sombra proyectada sobre las nubes del planeta. El tamaño aparente de Io visto desde Júpiter es casi 2,5 veces mayor que el del Sol, por lo que se trata de una ocultación. Derecha, dos satélites y sus sombras sobre Júpiter. En el borde superior derecho se observa la sombra de otro satélite, Calisto, que no se incluye en la imagen²⁸ (E. Karkoschka, Univ. Arizona, NASA).

²⁸ En la web pueden encontrarse numerosos videos muy instructivos de estos eventos.

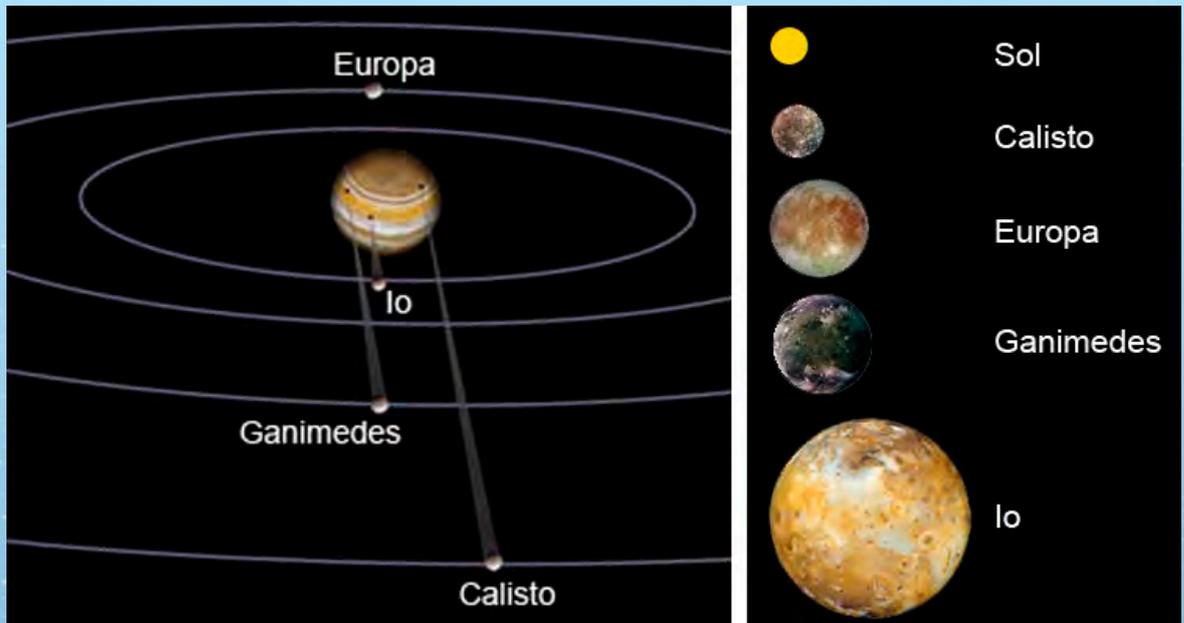


Figura 23. Esquema con las posiciones relativas de los cuatro satélites mayores de Júpiter, con sus sombras, correspondiente a la imagen derecha de la Figura 22, la que puede compararse con los gráficos de eclipses solares mostrados con anterioridad. Derecha, tamaños aparentes relativos del Sol y los cuatro satélites mayores vistos desde Júpiter. Todos tienen mayor tamaño angular que el Sol, por lo que los fenómenos que tienen lugar son ocultaciones.

Y en el resto de los planetas ¿suceden eclipses? Mercurio y Venus no tienen satélites. En el caso de Marte cuenta con dos 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 $1'$, por lo que solo se pueden producir tránsitos²⁹. Otro tanto puede analizarse para el resto de planetas, en particular para los externos, que poseen numerosos satélites de muy distintos tamaños y distancias. En las figuras 22 y 23 se muestra el ejemplo de Júpiter.

Desde la Tierra también se pueden observar los tránsitos de Mercurio y Venus frente al disco solar. Estos fenómenos ocurren con poca frecuencia, en el caso de Mercurio unas 13 veces por siglo, mientras que Venus apenas cada aproximadamente 120 años. Estos tránsitos fueron empleados por los astrónomos para determinar la distancia Tierra-Sol, denominada Unidad Astronómica. El tránsito de Venus de diciembre de 1882, 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 construcción³⁰. Los últimos tránsitos de Venus tuvieron lugar en 2004 y 2012, y los siguientes sucederán en 2117 y 2125.

²⁹ 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.

³⁰ Sobre la historia de este observatorio, consultar <http://www.fcaglp.unlp.edu.ar/historia>.

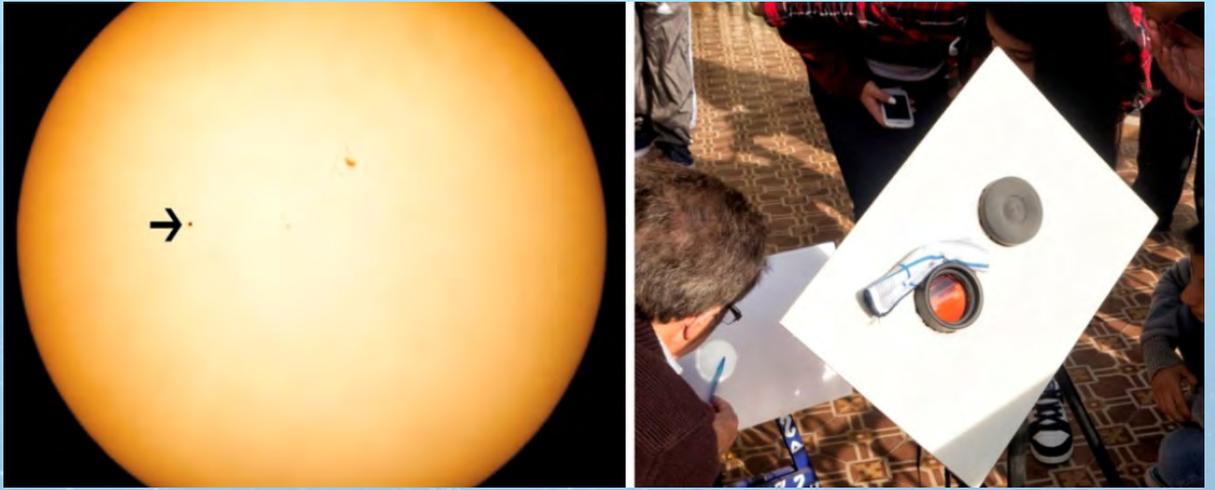


Figura 24. Tránsito de Mercurio ocurrió en 2012. En la imagen se señala el pequeño disco oscuro del planeta proyectado frente al Sol. También se puede apreciar a la derecha una mancha solar. El fenómeno fue aprovechado para realizar actividades observacionales con estudiantes del I.P.E.M. N° 138, Jerónimo Luis de Cabrera, en la ciudad de Córdoba, empleando un prismático y la técnica de proyección (P. Cabral).

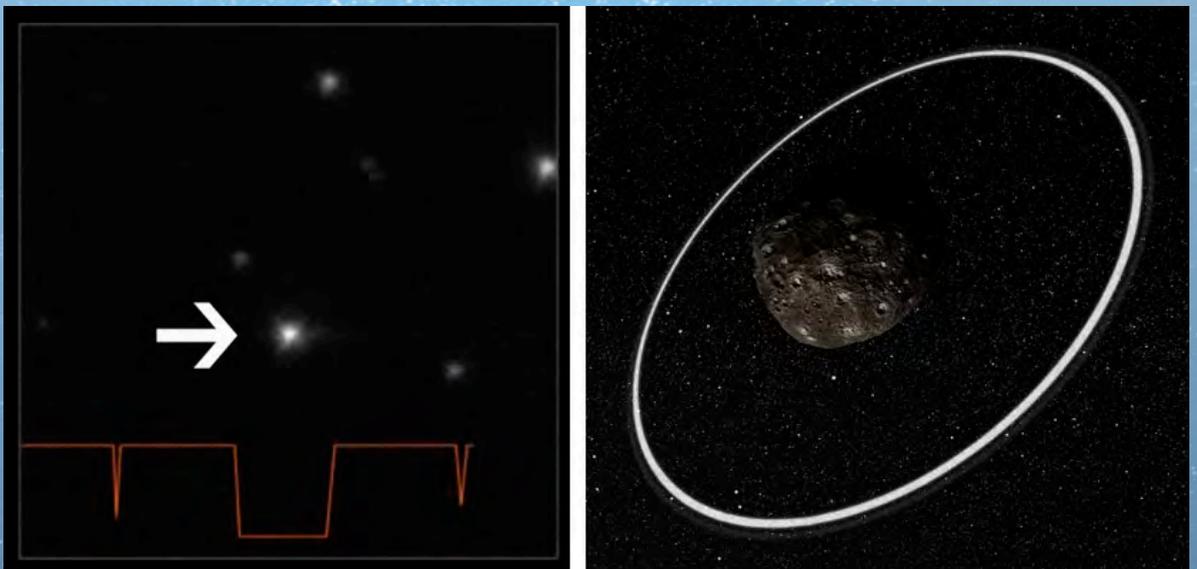


Figura 25. También cuerpos relativamente pequeños pueden eclipsar estrellas. Un ejemplo notable es el asteroide, Chariklo, de 250 km de diámetro, el que ocultó el 3 de junio de 2013 una estrella (recuadro izquierdo, Chariklo no se aprecia por su débil brillo). Con el estudio de la variación de la luz de la estrella al ser ocultada, se determinó que este asteroide posee un sistema de anillos. Fue el primer cuerpo de este tipo al que se le descubrieron anillos. Derecha, representación artística de Chariklo y sus anillos. 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 (ESO).

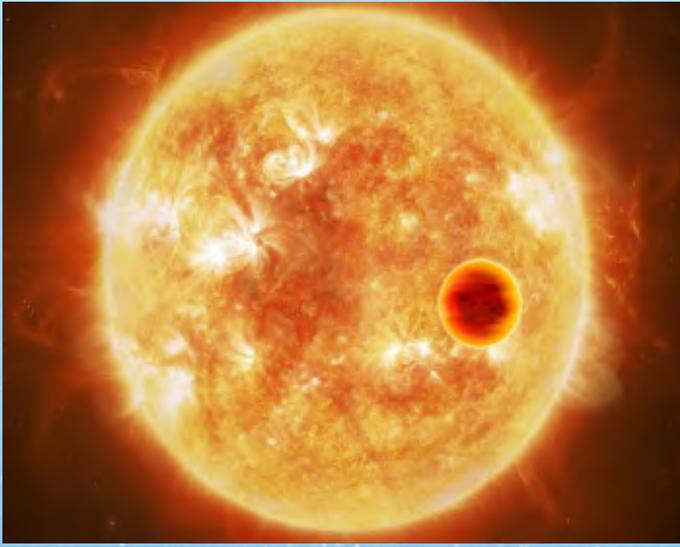


Figura 26. En las últimas décadas se han descubierto cientos de planetas y sistemas planetarios en torno a otras estrellas. Una de las técnicas empleadas para detectar estos planetas tan lejanos, es descubrir la variación del brillo de la estrella cuando transitan frente a la misma. En la figura, representación artística de un planeta gigante frente a una lejana estrella (ESA). ¿Tendrán estos planetas satélites que produzcan eclipses?

ALGUNAS CONSIDERACIONES Y PROPUESTAS PARA LA ENSEÑANZA DE LOS ECLIPSES.

El entendimiento 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). Por ejemplo, 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 Solar³¹.

Las dificultades que enfrentó el ser humano para interpretar el cosmos fueron grandes, principalmente debido a las enormes distancias y los períodos involucrados³². 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.

³¹ Según el nivel educativo, será preciso 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.igualdadycalidadcoba.gov.ar/SIPEC-CBA/publicaciones/2015-Docs/Año_de_la_luz.pdf.

³² 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.

Aprendizajes incluidos en los Diseños Curriculares de la provincia de Córdoba posibles de ser abordados en vinculación con los eclipses

Educación Primaria		Educación Secundaria	
Primer Ciclo	Segundo Ciclo	Ciclo Básico	Ciclo Orientado
<p>Reconocimiento de la propagación rectilínea de la luz.</p> <p>Identificación y clasificación de las fuentes luminosas en naturales y artificiales.</p> <p>Aproximación a la explicación de la formación de las sombras y su diferenciación con la ausencia de luz.</p> <p>Reconocimiento de los componentes del paisaje terrestre y celeste.</p> <p>Identificación del movimiento aparente del Sol en el cielo, a través del análisis de las sombras: posición y longitud, ubicando levante y poniente, reconociendo que a lo largo de los días cambia su máxima altura sobre el horizonte.</p> <p>Conceptualización del día y la noche como dependientes de la presencia y ausencia del Sol.</p> <p>Reconocimiento, a través de la observación, de los principales rasgos: forma y tamaño, del Sol y la Luna y sus movimientos aparentes.</p> <p>Identificación de los cambios producidos en el aspecto de la Luna – fases– y su periodicidad.</p> <p>Reconocimiento de la periodicidad de los movimientos del Sol y la Luna, y su relación con la medida convencional del tiempo –día, mes, año .</p>	<p>Reconocimiento de algunas características de la luz, como su propagación y reflexión.</p> <p>Reconocimiento de la forma de la Tierra y de las ideas que a través de la historia se concibieron acerca de ella.</p> <p>Aproximación a la noción de las dimensiones de la Tierra.</p> <p>Identificación del ciclo de los días y las noches y el movimiento aparente de las estrellas, como consecuencia de la rotación de la Tierra.</p> <p>Descripción de los cuerpos que integran el Sistema Solar: tamaño, características y movimientos.</p> <p>Aproximación a la interpretación de los principales modelos del Sistema Solar, reconociendo su evolución histórica: geocéntrico y heliocéntrico.</p>	<p>Reconocimiento del conocimiento científico como una construcción histórico-social de carácter provisorio.</p> <p>Reconocimiento y utilización de la modelización como una forma válida para la explicación de los hechos y fenómenos naturales.</p> <p>Interpretación y resolución de situaciones problemáticas significativas relacionadas con las temáticas abordadas relacionados con la vida cotidiana.</p> <p>Desarrollo de actitudes de curiosidad, exploración y búsqueda sistemática de explicaciones a hechos y fenómenos naturales.</p> <p>Formulación y puesta a prueba de anticipaciones escolares acerca de determinados fenómenos de la naturaleza y su comparación con las elaboradas por otros.</p> <p>Uso progresivo y pertinente del lenguaje específico.</p> <p>Reconocimiento de las relaciones de los componentes del Sistema Solar.</p> <p>Interpretación de algunos modelos cosmogónicos del Sistema Solar y sus alcances.</p> <p>Comparación desde un punto de vista histórico y mecánico, de los modelos geocéntrico y heliocéntrico.</p>	<p>Física</p> <p>Diseño, realización y utilización de algunos instrumentos simples para la observación astronómica (entre otros, para medir distancias angulares).</p> <p>Aproximación a la interpretación de las principales causas que llevaron a proponer la teoría de la relatividad y conocimiento de algunos de los experimentos históricos realizados para su verificación.</p> <p>Orientación Ciencias Naturales- Física</p> <p>Interpretación, a partir de la ley de la gravitación, del movimiento de traslación de cuerpos del Sistema Solar (leyes de Kepler), en particular del sistema Sol-Tierra-Luna, y de la velocidad de escape; identificación de los efectos sobre diversos aspectos de la vida.</p> <p>Identificación de algunos fenómenos explicables a partir de la Teoría de la Relatividad.</p> <p>Física y Astronomía</p> <p>Diseño, realización y utilización de algunos instrumentos simples para la observación</p>

ECLIPSES DE SOL

		Valoración de los aportes de las Ciencias Naturales a la sociedad a lo largo de la historia.	astronómica, por ejemplo para medir ángulos. Interpretación de los atlas como representaciones del cielo y de los catálogos como ordenamiento de la información de los distintos astros.
--	--	--	--

Sobre las 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>

Las distancias a los planetas, a las estrellas y a las galaxias resultan difíciles de asimilar, por estar muy alejadas de la experiencia diaria. 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.

También es importante tener en cuenta las ideas que los estudiantes puedan poseer, y que se encuentren alejadas de 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.

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 necesarias³³.

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

³³ 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, 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_Ensenanza_y_aprendizaje_de_la_Astronomia_en_el_bachillerato.

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 estudiantes³⁴. Si bien, para apoyar algunas explicaciones, es inevitable utilizar gráficos fuera de escala, se han de tener en cuenta las dificultades que poseen 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” (ver recuadro) y trabajar con modelos concretos, ayudarán a los estudiantes a aproximarse a la comprensión de estos aspectos vinculados a los eclipses.

Los “planetarios” son softwares que simulan el cielo, son de gran utilidad para la enseñanza la astronomía y en particular de los eclipses

- Stellarium (<https://stellarium.org/es/>)
- Cartes du Ciel (www.ap-i.net/skychart/es/start)
- Google Sky (www.google.com/intl/es-es/sky/)
- SKY-MAP.ORG (www.sky-map.org/)
- KStars - Planetario para el escritorio (https://edu.kde.org/kstars/?site_locale=es)
- Computer Aided Astronomy (aka C2A) (www.astrosurf.com/c2a/english/download.htm)
- Celestia (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.

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 27 se han representado a escala las órbitas terrestre y lunar, y de inmediato resalta lo difícil que resulta distinguirlas de una circunferencia. Sí se destaca que tanto el Sol como la Luna no se ubican en el centro, sino ligeramente desplazados, en uno de los focos de las elipses.

³⁴ 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_Aprender_a_imaginar_para_comenzar_a_comprender_los_modelos_concretos_como_herramientas_para_el_aprendizaje_de_la_Astronomia.

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.

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”³⁵ se siente y viceversa.

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, que requiere además del conocimiento del mecanismo de los eclipses, las características de los planetas y de 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. 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 recomendaciones indicadas en el cuadro “Precauciones” de la página 34.

³⁵ Se está utilizando intencionalmente el lenguaje cotidiano.

ECLIPSES DE SOL

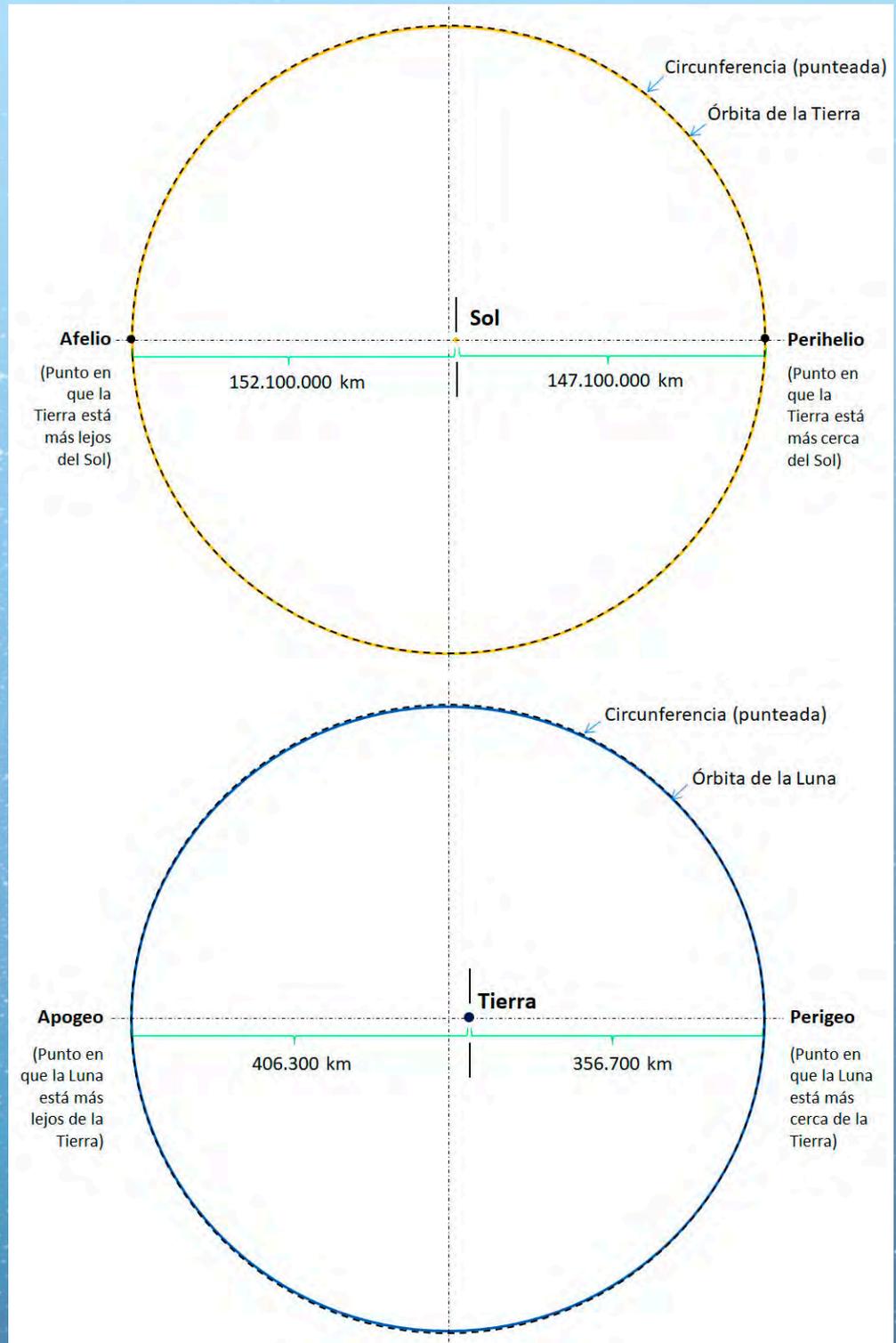


Figura 27. Representación a escala de las órbitas de la Tierra y la Luna

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 autores³⁶ 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 sistema³⁷ (Figura 28). 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 29. 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 19, 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.



Figura 28. Modelo del sistema Tierra-Luna. En el caso mostrado las esferas son de telgopor y fueron pegadas a un listón de madera



Figura 29. 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 (Figura 19) (M. Parma 2018).

³⁶ Se pueden mencionar a: Tignanell, H. (1999). Astronomía en la Escuela. (www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL001431.pdf), Ros R. M. y García B. (2016). Sol y Eclipses. Actividades y Modelos para explicar los eclipses (http://sion.frm.utn.edu.ar/WDEAll/wp-content/uploads/2016/12/SolyEclipses_cast_web.pdf) y Zandanel A. E. (2009). Astronomía construida. Buenos Aires: el autor.

³⁷ 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, 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 Tierra³⁸. 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 ≈ 100 veces el de la Tierra y la distancia Sol-Tierra ≈ 100 veces el diámetro del Sol (Figura 31).

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 había 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 30. Gráfico del Sistema Sol-Tierra a escala. El conjunto Tierra-Luna resulta tan pequeño que casi no se aprecia, por lo que se 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 (S. Paolantonio).

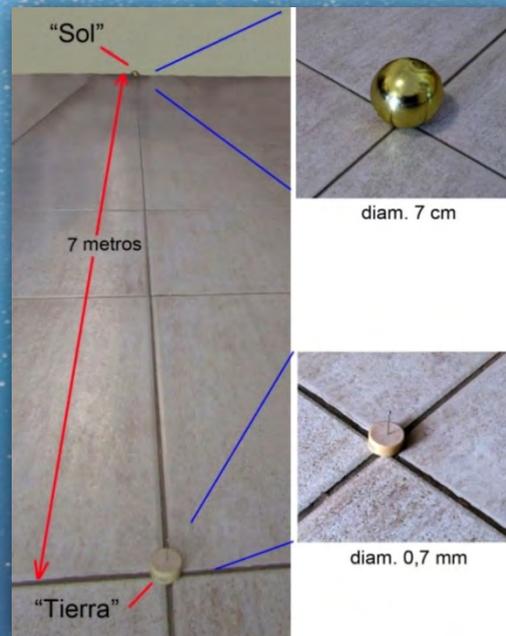


Figura 31. Modelo del sistema Sol-Tierra realizado en un aula grande, con la relación aproximada “100-100”. El Sol es representado por una esfera amarilla de 7 cm de diámetro (como la empleada en los arbolitos de navidad), mientras que la “Tierra” es la cabeza de un alfiler ($\approx 0,7$ mm). Ambos elementos están separados entre sí 700 cm

³⁸ 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 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.

Precauciones

No se debe mirar el Sol en forma directa sin la protección adecuada. Tampoco se debe hacer 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 es recomendable 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 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.

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 (Figura 32). 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 32. 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 maylar grado óptico.

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.

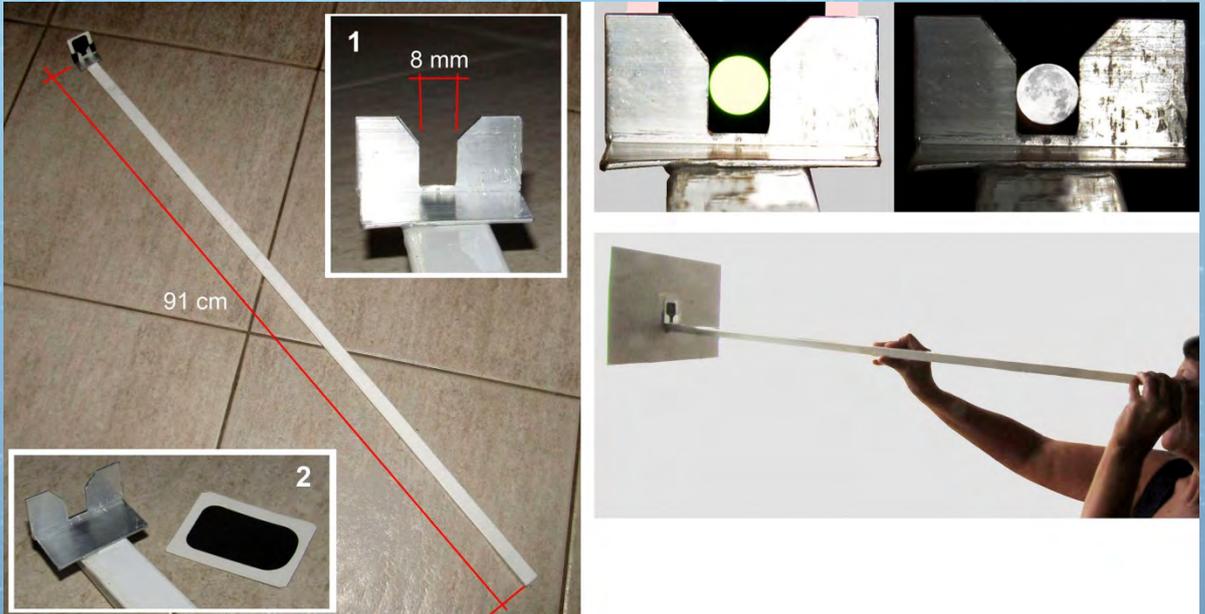


Figura 32. Dispositivo para comprobar que el diámetro aparente de la Luna y del Sol son similares. Consta de una varilla de 91 cm, que tiene pegado en uno de sus extremos un pequeño ángulo de aluminio o plástico, al que se le practica una ranura de 8 mm de ancho (se puede emplear cualquier par de medidas 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 maylar tomado de un antejo mirasol. 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.

MEDICIÓN DE LA ALTURA DE LA LUNA Y EL SOL SOBRE EL HORIZONTE

Resulta relativamente sencillo medir las alturas sobre el horizonte de la Luna y del Sol, utilizando un cuadrante, dispositivo que los estudiantes pueden construir sin mayores dificultades a partir de las Figura 33 y 34. Es posible contrastar los valores obtenidos en las mediciones que se realicen, con los suministrados por algún programa simulador disponibles en la red, tal el caso del Stellarium, y según el nivel educativo de que se trate, contemplar el análisis de errores.



Figura 33. Cuadrante fabricado sobre un trozo cuadrado de madera, al que se le pegó un papel con el dibujo de un cuarto de circunferencia graduado. Una forma alternativa, es emplear un transportador (lo más grande posible). Un hilo al que se le ata un peso (en la figura una goma de borrar) define la vertical del lugar.

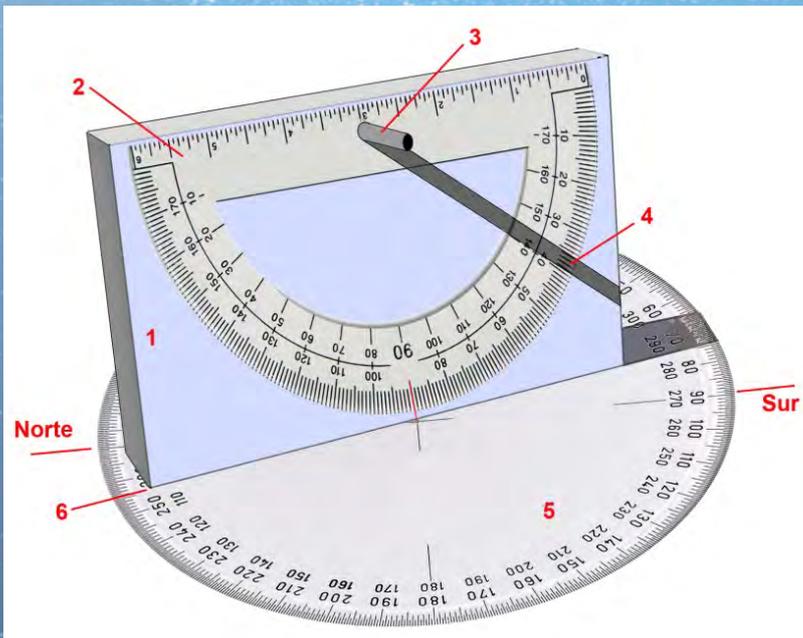


Figura 34. Cuadrante específico para el Sol. Consisten de un trozo de madera (1) al que se le pegó un transportador grande (2) y un pequeño índice (3, por ejemplo un clavo). El dispositivo se apoya en forma horizontal (empleando un nivel) sobre el piso o una mesa. Se lo ubica de manera que la luz solar llegue rasante al transportador, para que el índice proyecte la sombra de la forma mostrada, y permita determinar el ángulo buscado (4). Como el aparato queda alineado con el Sol, también es posible determinar su posición horizontal (6), si se lo apoya sobre otro transportador (5), previamente orientado en dirección Norte-Sur, empleando una brújula o un gnomon (S. Paolantonio).

OTRAS ACTIVIDADES POSIBLES

Otras posible actividades observacionales son, por ejemplo, la observación del movimiento aparente del Sol utilizando un nomon y la determinación de la meridiana, el seguimiento de las fases de la Luna, la observación de la Luna durante el día o pedir a los estudiantes que dibujen la figura que les parece ver a simple vista en las manchas de la superficie lunar.



Figura 35. Registrar las figuras que imaginan los estudiantes al ver el disco lunar a simple vista con sus zonas oscuras, los obliga a fijar la atención en el objeto. Según la época y el lugar, la gente ha imaginado ver un conejo o una liebre, una cara, un par de manos, una señorita, una virgen, los reyes magos y contemporáneamente un emoticón³⁹.



Figura 36. Observar la Luna durante el día, permite con una simple esfera expuesta al Sol, ayudar a la comprensión de las fases lunares. Dado que nos encontramos a similar distancia del Sol que la Luna, y que el ángulo con que llega la luz es prácticamente el mismo, la parte iluminada de la esfera resulta ser igual al de la Luna.

³⁹ Existen leyendas vinculadas con estas figuras imaginarias, tal el caso del conejo en la Luna, difundidas en México y en Japón (ver www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0071-16752013000100011). Se sugiere la lectura de ¿Por qué vemos figuras en la superficie de la Luna? en www.nationalgeographic.es/espacio/por-que-vemos-figuras-en-la-superficie-de-la-luna.



Figura 37. Gnomon para el estudio del movimiento del Sol por la sombra, improvisado con un lápiz y plato de cartón (S. Paolantonio). Derecha, docentes trabajando con un gnomon (www.isfd809esquel.com.ar/index.php?idNavActual=153&idItemActual=200&idModuloEntidad=46). Con este sencillo instrumento es posible también determinar la meridiana y en consecuencia los puntos cardinales.⁴⁰

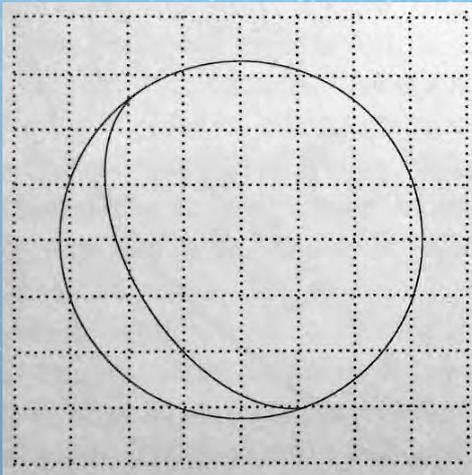


Figura 38. Cuadrilado guía para realizar los dibujos destinados al seguimiento de las fases de la Luna, propuesto en Zandanel 2009 (p. 60).



Figura 39. Dibujo de la salida del Sol en distintos días, actividad que permite identificar que el levante no se ubica siempre en el mismo lugar del horizonte, sino que cambia a lo largo del año.

⁴⁰ Se recomienda la lectura de "Astronomía en la escuela" de Horacio Tignanelli, disponible en www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL001431.pdf; y de "El Gnomon Patagónico" de Néstor Camino, disponible en www.globolocal.net/esp/download/El_Gnomon_Patagónico_Complejo_Plaza_del_Cielo.pdf.

ACTIVIDADES PARA REALIZAR DURANTE EL ECLIPSE DEL 2 DE JULIO (o en cualquier otro 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 diversas actividades escolares, que permitan abordar una amplia variedad de aprendizajes, en especial, los específicos de la astronomía y de la metodología científica.

- Más allá de trabajar sobre los eclipses, es 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.
- Para concretar las observaciones de estos fenómenos, los estudiantes tienen que planificarlas, emitir hipótesis sobre los distintos aspectos de los eclipses, medir distintos parámetros, así como describir y registrar lo observado, todo lo cual permite avanzar sobre la forma en que se hace ciencia.
- Por otro lado, se pueden trabajar varios aprendizajes relacionados con: la meteorología (al momento de identificar los mejores lugares para la observación, al medir los cambios meteorológicos que ocurren durante el eclipse), la flora y fauna de la zona desde la que se verá el fenómeno y la infraestructura vial y de comunicaciones de la región.

En el documento “Eclipse total de Sol del 2 de julio de 2019”, se indican las circunstancias en que se presentará el próximo eclipse del 2 de julio de 2019 y se brindan recomendaciones para la elección del sitio de observación, las formas para llevar adelante la misma y las precauciones que deben adoptarse.

Al planificar las actividades, es importante tener en cuenta que debido a que este eclipse ocurrirá en un momento dado, si el cielo se presenta nublado será imposible observarlo. Por lo tanto, es necesario anticipar esta eventualidad para no formar falsas expectativas en los estudiantes, que terminen siendo contraproducentes para el aprendizaje. Es particularmente crítico el momento de totalidad, debido a que su duración no superará en el mejor de los casos los dos minutos y 18 segundos. Las etapas de parcialidad tendrán una duración previa a la totalidad de más de una hora, y otra aproximadamente de media hora posterior, hasta que el ocaso, por lo que será más probable poder observarla.

En consecuencia, es fundamental 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. Como tarea previa, es posible plantear el análisis de las estadísticas de nubosidad de la región de observación y compararlas con otros sitios en que se verá el fenómeno (lo que permitirá abordar contenidos de meteorología). Además, se puede abordar el estudio de expediciones históricas 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 1914⁴¹.

Actividades previas a la observación del eclipse.

- Relacionar el fenómeno que se observará con lo enseñado sobre los eclipses.
- Búsqueda bibliográfica sobre eclipses similares ocurridos con anterioridad, eclipses históricos y los observados en Argentina.
- Consulta a especialistas que puedan asesorar sobre distintas temáticas y en los trabajos a realizar durante la observación del fenómeno.
- Anticipación de cómo se verá el eclipse, consulta de información en sitios web confiables y empleo de un planetario para simular como se desarrollará el eclipse.
- Reconocimiento del cielo visible al momento del eclipse, objetos celestes que se podrán ver durante la totalidad.
- Elección del sitio de observación, teniendo en cuenta diversos factores, por ejemplo, que ocurrirá a baja altura, la accesibilidad, infraestructura, etc.
- Estudio de las condiciones meteorológicas de la región en que se observará el eclipse, y de otras localidades a lo largo de la faja de totalidad, comparando las condiciones en cada caso.
- Investigación sobre los estudios que realizarán los astrónomos profesionales.
- Indagación de mitos y leyendas relacionados con los eclipses⁴².
- Reconocimiento previo de la fauna y flora de la región elegida para observar el evento.
- Realización de encuestas a vecinos de la localidad donde se encuentra la escuela, de las ideas que poseen sobre los eclipses y sobre cuáles recuerdan haber visto⁴³.
- Planificación de la observación del eclipse: actividades que se realizarán, confección de una carta de cómo se verá el cielo (en el caso que se pueda ver la totalidad), registros se efectuarán, materiales que se necesitarán, etc.

⁴¹ Sobre el tema ver Córdoba Estelar, Capítulo 20, disponible en www.cordobaestelar.oac.uncor.edu/Capitulo20.pdf.

⁴² 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 Ocuítuco, 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>.

⁴³ 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>.

- Elaboración de instrumentos sencillos para efectuar las observaciones planificadas.

Actividades durante el eclipse.

- Medición y registro de la altura a que ocurren los distintos momentos del eclipse.
- Estimación o medición (por ejemplo por medio de fotografía) y registro de la magnitud del eclipse y de la luz ambiente.
- Determinación y registro de los tiempos de contacto.
- Realización de registros fotográficos.
- Observación, medición y registro de los cambios meteorológicos: temperatura, humedad, y nubosidad.
- Observación de la conducta de los animales y las plantas de la región próxima en que ocurre el eclipse (pájaros, insectos, flores, etc)⁴⁴.

Actividades posteriores al eclipse.

- Ordenamiento y sistematización de los registros realizados.
- Contrastación de las mediciones realizadas con las predicciones.
- Análisis de lo realizado ¿se cumplió con lo planificado? ¿la organización fue correcta?
- Elaboración de conclusiones y de informes sobre las actividades desarrolladas.
- Difusión de lo realizado a la comunidad educativa.

Una posible propuesta de trabajo es:

- Constitución de equipos con tareas específicas, cada uno con un coordinador.
- Seminarios para la coordinación de tareas e intercambio de experiencias de los equipos.

Un efecto interesante que se produce durante el transcurso de un eclipse de Sol, es la disminución de la temperatura ambiente como consecuencia de la reducción de la radiación recibida, la que se hace especialmente notable cuando eclipse es total. La máxima disminución de temperatura se produce con un retardo de entre 2 y 20 minutos, debido a la inercia térmica del medio. Esta inercia depende de varios factores, tales como hora del día en que sucede el fenómeno, nubosidad y la presencia de cuerpos de agua y de árboles cercanos al sitio de observación. Es posible determinar el retardo entre mínima iluminación y mínima temperatura, midiendo la temperatura ambiente periódicamente, por ejemplo cada 2 minutos (cerca de la totalidad es conveniente hacerlo con la mayor frecuencia posible), registrando el valor y el momento en que fue obtenida. Es conveniente el utilizar un termómetro

⁴⁴ A modo de ejemplo, ver "Las abejas dejaron de zumbar en el último eclipse solar total"
https://elpais.com/elpais/2018/10/10/ciencia/1539154761_769509.html

electrónico. Con posterioridad, se grafica la temperatura en función del tiempo, y se determina el momento del mínimo de temperatura, el que se compara con la predicción del instante en que ocurre el máximo del eclipse. Si fuera posible determinar la intensidad de la luz recibida con un fotómetro (como los existentes en los laboratorios de “Herramientas para el futuro”), se graficará luminosidad – temperatura y se obtiene la diferencia entre los mínimos de ambas curvas⁴⁵.

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 las 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 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. 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 sociedad⁴⁶.

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 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 estudiadas⁴⁷.

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

⁴⁵ Sobre este tema consultar: “Medición de los cambios atmosféricos locales durante un eclipse solar (Eclipse Total de Sol 2013)”, Miguel Ángel Pío Jiménez et al, disponible en <https://docplayer.es/13710876-Actividad-educativa-medicion-de-los-cambios-atmosfericos-locales-durante-un-eclipse-solar-eclipse-total-de-sol-2013.html>.

⁴⁶ 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://historiadelastronomia.files.wordpress.com/2008/12/historiaciencia1.pdf>.

⁴⁷ 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://historiadelastronomia.files.wordpress.com/2008/12/historiaciencia2.pdf>.

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 1833⁴⁸.

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.

En 1871 se inauguró el Observatorio Nacional Argentino en la ciudad de Córdoba⁴⁹, 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 Plata⁵⁰, creado en 1883, sí incluía entre sus tareas la investigación de eclipses.

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 cubierto⁵¹.

⁴⁸ 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://historiadelastronomia.wordpress.com/documentos/santo-domingo/>.

⁴⁹ <http://oac.unc.edu.ar/institucionales/historia/> y <http://www.cordobaestelar.oac.uncor.edu/>.

⁵⁰ <http://www.fcaglp.unlp.edu.ar/historia>.

⁵¹ <https://historiadelastronomia.wordpress.com/documentos/eclipse1893/>.

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 fenómenos⁵². En esta oportunidad, por pedido del astrónomo alemán Erwin Freundlich, encargado por Albert Einstein para intentar una verificación de su teoría, entonces casi desconocida. El encargado de la comitiva y director del observatorio, Charles D. Perrine, incluyó entre los instrumentos, uno específico para confirmar una de las predicciones de esta teoría, vinculada a la desviación de la luz por la gravedad. Esta sería el primer intento para confirmar la Teoría de la Relatividad⁵³. Pero a pesar que todo estaba listo, una gran tormenta impidió observar el eclipse. Nuevas expediciones se realizaron en 1914, enviada a Crimea, a orillas del Mar Negro⁵⁴, 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 estuvo se confirmó la predicción de Einstein, en 2019 se cumple un siglo.

En enero de 1927 el Observatorio de La Plata estudió un eclipse anular y particular en 1947, tanto el observatorio nacional como el platense lograron realizar diferentes observaciones 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.⁵⁵

A partir de este momento, en ambos observatorio se efectuaron diversos trabajos relacionados con los eclipses⁵⁶, concretándose expediciones para observarlos en distintas oportunidades, tal como en 1952 y en 1966, el primero que se estudió desde Argentina en radiofrecuencias⁵⁷.

⁵² Ver "A un siglo del primer intento de verificar la Teoría de la Relatividad", disponible en <https://historiadelastronomia.wordpress.com/2012/10/10/a-un-siglo-del-primer-intento-de-verificar-la-teoria-de-la-relatividad/>.

⁵³ Paolantonio S. y Minniti E. (2017). Intentos argentinos para probar la Teoría de la Relatividad. BAAA, 50. Disponible en <https://historiadelastronomia.files.wordpress.com/2008/12/2007baaa50359p.pdf>.

⁵⁴ <https://historiadelastronomia.wordpress.com/documentos/de-cordoba-al-mar-negro/>.

⁵⁵ <https://historiadelastronomia.wordpress.com/documentos/eclipse1947/>.

⁵⁶ <https://historiadelastronomia.wordpress.com/2018/02/17/observaciones-de-eclipses-de-sol-realizadas-en-argentina-1810-1950-1/>

⁵⁷ 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>.

ECLIPSES DE SOL



Figura 40. 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.

Figura 41. 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 aficionados⁵⁸.

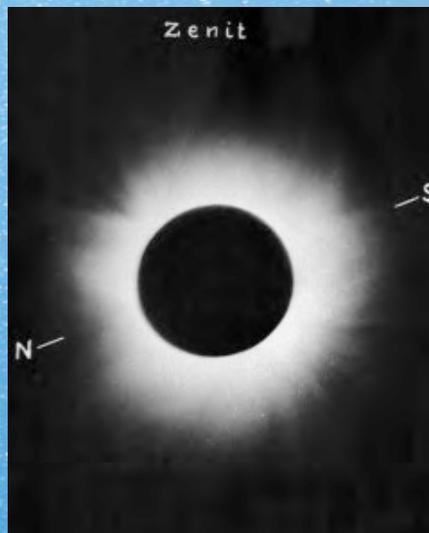


Figura 42. Fotografía de la corona solar obtenida durante el eclipse de Sol del 20/5/1947 por la comisión del Observatorio de Córdoba desde Corrientes.



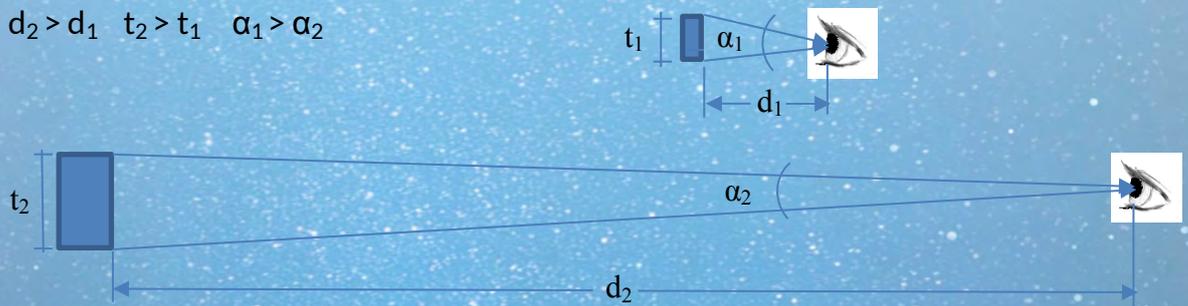
ANEXO 1.

El tamaño angular de un objeto, tal como un astro, es el ángulo con que lo ve el observador. Este concepto es importante para poder importante para la interpretación de diversas observaciones, tal el caso de las astronómicas. En la Educación Primaria, se podrá 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 gran lejano (ambos previamente desconocidos por los estudiantes), será una actividad adecuada para esto. En la Educación Secundaria, podrá analizarse con mayor detalle a partir de gráficos sencillos como el mostrado y eventualmente se podrá calcular los valores relacionados.

$$Tg(\alpha) = \text{tamaño lineal} / \text{distancia (ambos con iguales unidades)} \rightarrow Tg(\alpha) = t / d$$

($\alpha \rightarrow$ tamaño angular, $t =$ tamaño lineal, d distancia)

$$d_2 > d_1 \quad t_2 > t_1 \quad \alpha_1 > \alpha_2$$



ANEXO 2.

El menor tamaño angular del Sol es de unos 31,5' (0,525°) (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)⁵⁸:

$$\text{Distancia L} = \text{Diámetro Luna} / \text{Tg}(0,525^\circ) = 3.476 \text{ km} / \text{Tg}(0,525^\circ) = 379.342 \text{ km}$$

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 $379.342 - 357.000 = 22.342$ 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):

$$\text{Tiempo} = 2.234.200.000 \text{ cm} / 3,8 \text{ cm/año} \approx 588.000.000 \text{ años}$$

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 no se podrán producir eclipses totales.

⁵⁸ Las cantidades empleadas fueron tomadas de Moon Fact Sheet, disponible en <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/moonfact.html>.

Gobierno de la Provincia de Córdoba

Ministerio de Educación

Secretaría de Educación

Subsecretaría de Promoción de Igualdad de Calidad Educativa

Elaboración:

Santiago Paolantonio.

Colaboración:

Natalia González; Rita Peñaloza; Laura Bono; Horacio A. Ferreyra y Luis Franchi.

Revisión de estilo:

Silvia Vidales.

Diseño gráfico y diagramación:

Equipo de Comunicación y Prensa.



Esta publicación está disponible en acceso abierto bajo la Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial 4.0 Internacional

Al utilizar el contenido de la presente publicación, los usuarios podrán reproducir total o parcialmente lo aquí publicado, siempre y cuando no sea alterado, se asignen los créditos correspondientes y no sea utilizado con fines comerciales.

Las publicaciones de la Subsecretaría de Promoción de Igualdad y Calidad Educativa (Secretaría de Educación, Ministerio de Educación, Gobierno de la Provincia de Córdoba) se encuentran disponibles en <http://www.igualdadycalidadcoba.gov.ar>



AUTORIDADES

Gobernador de la Provincia de Córdoba

Cr. Juan Schiaretta

Presidente Provisorio Cámara Legislativa

Dr. Oscar Félix González

Ministro de Educación de la Provincia de Córdoba

Prof. Walter Mario Grahovac

Secretaría de Educación

Prof. Delia María Provinciali

Subsecretario de Promoción de Igualdad y Calidad Educativa

Dr. Horacio Ademar Ferreyra

Directora General de Educación Inicial

Lic. Edith Teresa Flores

Directora General de Educación Primaria

Lic. Stella Maris Adrover

Director General de Educación Secundaria

Prof. Víctor Gómez

Director General de Educación Técnica y Formación Profesional

Ing. Domingo Horacio Aringoli

Director General de Educación Superior

Mgter. Santiago Amadeo Lucero

Director General de Institutos Privados de Enseñanza

Prof. Hugo Ramón Zanet

Director General de Educación de Jóvenes y Adultos

Prof. Carlos Omar Brene

Directora General de Educación Especial y Hospitalaria

Lic. Alicia Beatriz Bonetto

Director General de Planeamiento, Información y Evaluación Educativa

Lic. Nicolás De Mori