

2. TRÁNSITOS

Se entiende por **tránsito** de un astro el paso de éste por delante del disco de otro de mayor tamaño aparente. Hemos visto en apartados anteriores diferentes tipos de tránsitos como el de los satélites galileanos sobre el disco de Júpiter y los exoplanetas sobre la estrella madre.

Aquí trataremos el paso de los planetas interiores Mercurio y Venus sobre el disco solar.

2.1 Tránsitos de Mercurio

Si Mercurio y la Tierra orbitaran en el mismo plano, veríamos pasar a Mercurio por el disco del Sol en cada conjunción inferior. Esto sucede cada 116 días o periodo sinódico, es decir, el tiempo que tarda en repetirse la misma posición relativa Sol-Mercurio vista desde la Tierra. Al año ocurrirían por término medio tres tránsitos.

Pero Mercurio se mueve en un plano que forma 7° con la eclíptica, de manera que la mayor parte de las veces Mercurio pasa «por encima» o «por debajo» del disco solar, sin que se produzca el tránsito. Para que un tránsito tenga lugar, Mercurio tiene que estar cerca de los nodos de la órbita cuando está en conjunción inferior. La Tierra atraviesa cada año la línea de los nodos de la órbita de Mercurio el 8-9 de mayo y el 10-11 de noviembre; si para esa fecha coincide una conjunción inferior habrá tránsito (figura 24). (En esas condiciones, Mercurio también se encuentra en uno de los nodos).



Figura 24. Dibujo esquemático de las órbitas de la Tierra y Mercurio, mostrando las posiciones donde pueden producirse los tránsitos (créditos ESO, adaptado por J.C. Casado).



Existe una periodicidad en estos fenómenos aunque su explicación detallada obedece a cálculos complejos. Sin embargo, desde un punto de vista aproximado, los tránsitos se producen en múltiplos del periodo sinódico. Mercurio suele transitar en promedio unas 13 veces por siglo en intervalos de 3, 7, 10 y 13 años. El último tránsito de Mercurio aconteció el 7 de mayo de 2003, siendo visible desde España (figura 25), y el próximo tendrá lugar el 8 noviembre de 2006, no observable desde el territorio español. El siguiente visible desde España ocurrirá el 9 de mayo de 2016.



Figura 25. Tránsito de Mercurio poco antes de su finalización, el 7 de mayo de 2003, captado con una webcam y un pequeño telescopio (créditos J.C. Casado).

Durante un tránsito se ve el disco del planeta proyectado contra la superficie brillante del Sol. Mercurio aparece como un minúsculo círculo de color negro que se desplaza lentamente sobre el Sol.

En los casos más favorables, la duración de un tránsito de Mercurio puede llegar a ser de hasta 8 horas. En promedio, los tránsitos de noviembre son más cortos que los de mayo, dado que los primeros se producen cuando Mercurio está cerca del perihelio (distancia mínima al Sol) y se mueve más deprisa que en el afelio.



Dado el pequeño tamaño aparente de Mercurio (unos 12'' en la conjunción inferior), es imposible observarlo durante el tránsito, si no se utiliza algún instrumento óptico. La manera más segura de hacerlo es proyectando la imagen del Sol a través de un telescopio sobre una pantalla blanca (figura 26). Véase «**Seguridad en la observación del sol**», páginas 88-89.



Figura 26. Método de proyección para la observación solar sin riesgo (créditos ESO, adaptado por J.C. Casado).

Justo después del contacto interno entre los discos del Sol y Mercurio, el disco del planeta parece quedarse unido durante algunos segundos al extremo del disco solar, deformándose para adoptar la apariencia de una **gota negra**. Este fenómeno se vuelve a repetir justo antes del último contacto interno (figura 27).



Figura 27.
Efecto de la gota negra durante el contacto interior del tránsito de Venus (créditos J.C. Casado).

El efecto de la gota negra impide cronometrar con precisión los instantes de contacto entre el disco del planeta y el del Sol, y fue la causa principal por la que las observaciones llevadas a cabo para determinar la distancia entre el Sol y la Tierra presentaron una cierta indeterminación. Aunque en un principio el efecto se atribuyó a la turbulencia atmosférica, en realidad se debe a fenómenos de difracción de la luz. El primer tránsito observado de Mercurio fue realizado por el astrónomo francés Pierre Gassendi el 7 de noviembre de 1631, gracias a una predicción calculada por Johannes Kepler, mediante sus Tablas Rudolfinas. El matemático Le Verrier, descubridor del planeta Neptuno, estudiando las observaciones de los pasos de Mercurio desde 1631 hasta mediados del siglo XIX, reveló el avance del perihelio de Mercurio, que tantas implicaciones ha tenido en el desarrollo de la Astronomía.



2.2 Tránsitos de Venus.

La explicación de los tránsitos de Venus es análoga a la que se dio para los de Mercurio. Al igual que en el caso de Mercurio, la órbita de Venus también se encuentra inclinada respecto a la de la Tierra (en este caso, 3,4 grados). Si no fuera así, habría un tránsito de Venus cada 584 días (su periodo sinódico).

La Tierra atraviesa cada año la línea de los nodos de la órbita de Venus en torno al 6-7 de junio y al 9-10 de diciembre. Si para esas fechas coincide con una conjunción inferior, se producirá un tránsito.

En realidad, los tránsitos de Venus son unos fenómenos extraordinariamente inusuales, ya que en promedio hay dos cada poco más de un siglo. Estos dos tránsitos están separados 8 años y el intervalo entre parejas de tránsitos va alternándose entre los 105,5 y los 121,5 años. En algunas ocasiones, como sucedió en 1388, uno de los tránsitos de la pareja puede no producirse, ya que no coincide con el paso por el nodo. Esto es debido a que los tránsitos de diciembre son menos probables que los de junio porque Venus en ese momento está más cerca del perihelio. Así, se producen menos tránsitos en diciembre que en junio.

La última pareja de tránsitos de Venus sucedió el 9 de diciembre de 1874 y el 6 de diciembre de 1882 (figura 28). Únicamente el segundo fue parcialmente visible desde España .

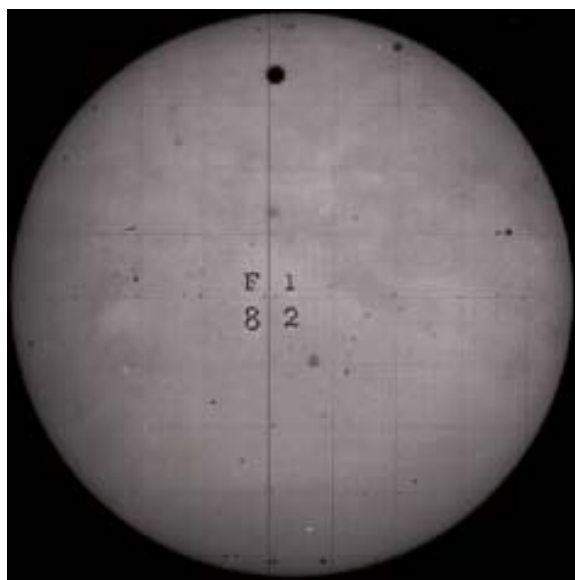


Figura 28. Una fotografía del tránsito de Venus del 6 de diciembre de 1882 (créditos U.S. Naval Observatory).

Desde el punto de vista visual, el fenómeno del tránsito de Venus es similar al de Mercurio: Venus se proyecta como un círculo negro desplazándose lentamente sobre el brillante disco solar. Además, también se produce el efecto de la gota negra cerca de los bordes del disco solar. Los tránsitos de Venus duran como máximo algo más de 8 horas.

Durante el tránsito, Venus presenta un diámetro aparente de 61", por lo que resulta perfectamente visible a simple vista con los medios de protección adecuados para la observación solar (Véase «**Seguridad en la observación del sol**», páginas 88-89).



Durante el tránsito, Venus presenta un diámetro aparente de 61", por lo que resulta perfectamente visible a simple vista con los medios de protección adecuados para la observación solar (Véase «**Seguridad en la observación del sol**», páginas 88-89).

El primer tránsito observado de Venus tuvo lugar el 4 de diciembre de 1639. Horrocks, un clérigo de Liverpool (Inglaterra) que había estudiado Astronomía y Matemáticas, encontró en las tablas planetarias de Kepler que para esta fecha Venus estaría en conjunción inferior con el Sol pasando al sur de éste.

No obstante, usando las tablas de Lansberge obtenía un resultado diferente, por lo que creyó que debía efectuar la observación. Horrocks pudo seguir el tránsito del planeta cuando éste ya había comenzado.

A principios del siglo XVIII, el astrónomo inglés Edmund Halley propuso aprovechar los raros tránsitos de Venus para determinar con gran precisión la **paralaje solar**, lo que permitiría ajustar el tamaño del



Figura 29. Representación esquemática para mostrar la paralaje solar o ángulo P_i . Este ángulo en realidad es muy pequeño, pero a efectos de claridad se ha exagerado su valor (créditos F. Mignard, Obs. de la Côte d'Azur).

sistema solar conocido. La paralaje solar es el ángulo que desde el Sol subtiende el radio ecuatorial de la Tierra (figura 29).

Hasta entonces, el valor de la paralaje había sido medido por Cassini en 1672 mediante triangulación, basándose en observaciones simultáneas de Marte desde París realizadas por él mismo, y por Richer en Cayena. Con ambas medidas, Cassini llegó a una paralaje para Marte de 25", lo que correspondía a unos 9" para el Sol, una determinación extraordinariamente precisa para la época.

Halley planteó medir desde distintos puntos de la Tierra el tiempo que tardaba Venus en cruzar el disco, observando los momentos en que el planeta estaba en contacto con los bordes del Sol, tanto en su ingreso al disco, como en su salida. Por efecto de la perspectiva, dos observadores no ven proyectarse a Venus sobre el mismo punto del Sol, sino que recorre cuerdas paralelas próximas, de diferente longitud. Por tanto, el paso dura un tiempo diferente para los dos observadores. De esa diferencia de tiempo es posible hallar la distancia entre las cuerdas en radios solares y entonces el ángulo con que desde Venus se subtiende a los dos observadores (es el mismo ángulo con que desde Venus se subtiende a las dos cuerdas). A partir de aquí se puede deducir la distancia de Venus a la Tierra y calcular la paralaje (figura 30).



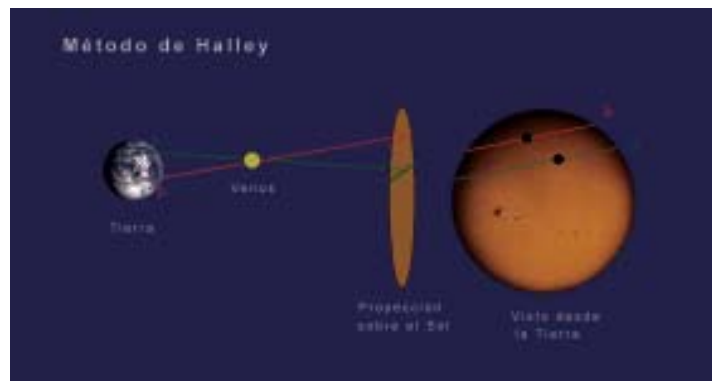


Figura 30. Método propuesto por Halley para calcular la paralaje solar. Dos observadores (a y b) situados en diferentes lugares de la Tierra observan el tránsito bajo ángulos ligeramente distintos, dando lugar a proyecciones o cuerdas desiguales sobre el disco solar (a la derecha). Como no es posible medir con precisión la separación entre estas cuerdas (en el gráfico se ha exagerado), se mide el tiempo de paso del planeta por cada una de ellas, lo que proporciona datos para medir la paralaje de Venus y, por tanto, calcular la paralaje solar (créditos F. Mignard, Obs. de la Côte d'Azur, adaptado por J.C. Casado).

Aprovechando el tránsito de Venus que se iba a producir en 1761, astrónomos de todo el mundo, comisionados por sus gobiernos se prepararon para la observación. Los británicos enviaron una expedición a Santa Helena y otra a Sumatra. Los franceses organizaron cuatro: Siberia, Viena, Isla Rodríguez y Pondicherry en La India. En total, el tránsito fue observado desde unos 70 lugares distribuidos alrededor del globo terrestre, constituyendo la primera gran empresa científica internacional. En este tránsito, el científico ruso M. Lomonosov dedujo correctamente que Venus poseía una atmósfera percibiendo un contorno borroso en el planeta.

Sin embargo, los resultados obtenidos no estuvieron a la altura de las expectativas. El mal tiempo en muchos de los lugares de observación, la dificultad de determinar con precisión la localización geográfica del lugar en que la observación se realizaba y el efecto de la gota negra dificultaron la aplicación del método de Halley.



En la observación del tránsito de 1769 hubo 150 observadores oficiales y otros muchos aficionados. Entre los observadores se encontraba el célebre capitán James Cook, que realizaba el primero de sus viajes. Una de las observaciones con mejores resultados fue la realizada en la península de Baja California por el francés Jean-Baptiste Chappe D'auteroche, al que acompañaban los españoles Vicente de Doz y Salvador Medina y el mexicano Joaquín Velázquez Cárdenas de León.

Los tránsitos de 1874 y 1882 fueron también seguidos por cientos de observadores enviados por las academias científicas de multitud de países. Así, por ejemplo, Francia envió observadores a Nueva Caledonia, Pekín, Japón, Indochina y Nueva Zelanda.

El Boletín de la Sociedad Astronómica de Londres recoge que se obtuvieron 3.440 pruebas fotográficas de los distintos aspectos que ofreció el fenómeno.

En el tránsito de 1882, España participó por primera vez de forma oficial, habilitando el gobierno un presupuesto de 20.000 pesetas para la adquisición de instrumentos y gastos de expedición. Se enviaron dos grupos de observadores, uno a Cuba y otro a Puerto Rico.

En cualquier caso, el fenómeno de la gota negra volvió a perjudicar las observaciones, por lo que la paralaje solar quedaba determinada entre un valor de 8,790" y 8,880", lo que corresponde a unas distancias Sol-Tierra de entre 148,1 y 149,7 millones de km. Actualmente, el método de la paralaje es obsoleto, y las actuales mediciones efectuados con sondas espaciales y técnicas de radar cifran la paralaje en un valor de 8,79415" ó 149,59787 millones de km. Hay que destacar que, a pesar de su mayor frecuencia, los tránsitos de Mercurio no se pueden utilizar para la determinación de la paralaje solar debido a su proximidad al Sol, por lo que las diferencias de cuerdas y de tiempo de paso son demasiado pequeñas.



2.3 El tránsito de Venus del 8 de junio de 2004

Como se ha mencionado anteriormente, éste será el primer tránsito de Venus desde el 6 de diciembre de 1882.

Durante el tránsito se producen cuatro contactos del disco de Venus con el borde del círculo solar: dos contactos a la entrada, exterior e interior, y otros dos a la salida. También tiene lugar el momento del máximo, cuando se alcanza la mínima distancia al centro del disco

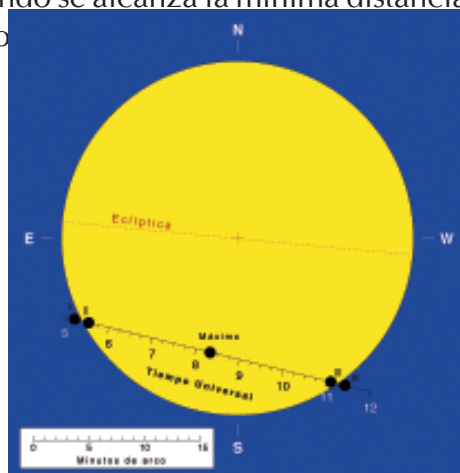


Figura 31. Horarios de los diversos contactos y recorrido de Venus proyectado sobre el disco del Sol para una posición geocéntrica (tomando como referencia el centro de la Tierra) del tránsito del 8 de junio de 2004. Las horas indicadas están en Tiempo Universal. Venus emplea algo más de 6 horas en cruzar el disco solar (créditos F. Espenak, NASA/GSFC, adaptado por J.C. Casado).



El tránsito del 8 de junio de 2004 será el primero del par que formará con el que sucederá el 5 de junio de 2012. Después, habrá que aguardar hasta los años 2117 y 2125 para ver nuevos tránsitos de Venus, esta vez en diciembre.

Este tránsito será visible por completo en Asia, excepto la porción del extremo este; en Europa, excepto el extremo suroeste de la Península Ibérica; en Groenlandia, excepto el extremo sur; en África, excepto la parte oeste; y en la mayor parte del Océano Índico.

Desde España será visible todo el fenómeno excepto en las islas Canarias, donde se observará comenzado, una vez que salga el Sol (figura 32).

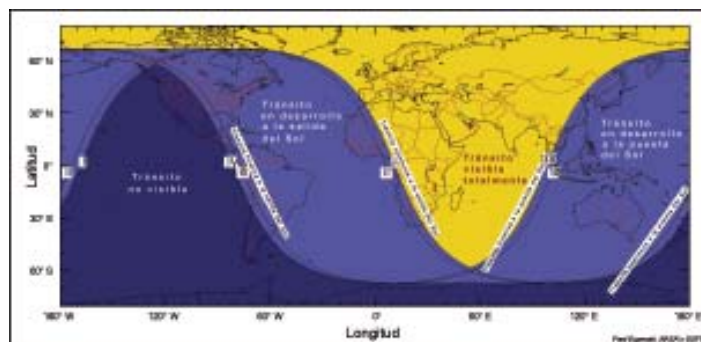


Figura 32. Mapa mundial de visibilidad del tránsito de Venus del año 2004 (créditos F. Espenak, NASA/GSFC, adaptado por J.C. Casado).

La siguiente dirección de Internet proporciona las circunstancias locales del fenómeno para todas las capitales españolas:

http://www.roa.es/Efemerides/transitos/fases_venus.html#espana

El tránsito del 5 de junio de 2012 resultará visible totalmente desde el norte de los países nórdicos, extremo Oriente, Rusia oriental, Mongolia, el este de China, Japón, Filipinas, Papúa Nueva Guinea, centro y este de Australia, Nueva Zelanda, oeste del Océano Pacífico, Alaska, norte de Canadá y casi toda Groenlandia. Desde España únicamente se verá el final del fenómeno a la salida del Sol en la región oriental de la Península Ibérica y Baleares (figura 33).

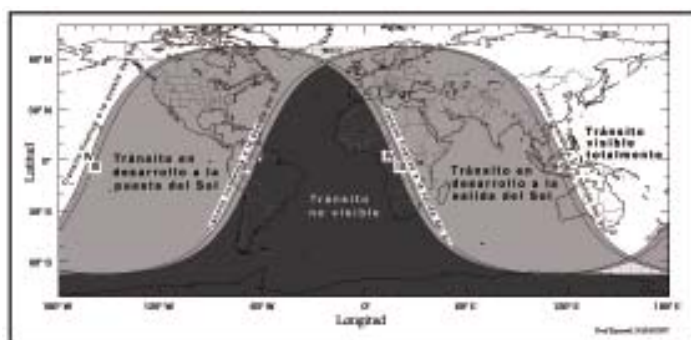


Figura 33. Mapa mundial de visibilidad del tránsito de Venus del año 2012 (créditos F. Espenak, NASA/GSFC, adaptado por J.C. Casado).

Aunque Venus sobre el disco solar resulta visible a simple vista, tal como se ha señalado, la mejor manera de disfrutar del fenómeno consiste en utilizar un telescopio, empleando alguno de los medios descri-

tos en «**Seguridad en la observación del sol**», páginas 88-89.

Para fotografiar el fenómeno se puede emplear una cámara fotográfica o una digital con cualquiera de los métodos de observación segura descritos. La ventaja de la cámara digital reside en que visualizaremos inmediatamente la fotografía y podremos corregir enseguida los posibles defectos.

Puede resultar muy interesante y didáctico captar el evento con una cámara de vídeo o una webcam, acoplándolas a la óptica del telescopio. Como la duración del tránsito se prolonga durante varias horas deben hacerse grabaciones breves a intervalos regulares de tiempo con el fin de obtener una «película» acelerada del fenómeno. En cualquier caso se recomienda haber realizado previamente pruebas para tener todo dispuesto el día del tránsito.

Con motivo del tránsito de Venus en el año 2004, el Observatorio Austral Europeo (ESO), en colaboración con otras instituciones astronómicas y educativas, ha elaborado un completo programa de actividades, entre las que destacan transmisiones en directo del fenómeno por Internet y observaciones para determinar la paralaje solar. Su portal web **<http://www.vt2004.org>** ofrece amplia información del evento y la posibilidad de participar en alguno de los programas establecidos para la observación del tránsito. También el IAC tiene un programa con diversas actividades que incluyen observación en directo del fenómeno y retransmisión a través de internet desde el portal **<http://www.iac.es/tv2004>**





SEGURIDAD EN LA OBSERVACIÓN DEL SOL

La observación del tránsito de Venus requiere las mismas precauciones que una observación normal del Sol. Dependiendo del tipo de observación deberemos atender a las siguientes indicaciones:

Sin instrumentación

Nunca mirar al Sol directamente o incluso con unas gafas de Sol convencionales.

Existen filtros solares homologados dispuestos a modo de gafas con montura de cartulina, que son los únicos que ofrecen una completa garantía de seguridad en la visión del Sol. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la superficie del filtro puede estar dañada por rascaduras o pequeños orificios. Asimismo se deberá comprobar que no haya superado la fecha de caducidad, que se indica normalmente en las gafas. En cualquier caso, estas gafas especiales han de llevar el logotipo de normalización «CE» y deberán seguirse las instrucciones que las acompañan.

También se puede ver el Sol sin peligro proyectando la imagen que proporciona un pequeño agujero practicado con una aguja en una cartulina. La imagen así obtenida, aunque pequeña y poco definida, ofrece un medio para visualizar el fenómeno a un pequeño grupo de personas. (véase el procedimiento en http://www.eclipse.org.uk/pparc_web/pinhole.html). Otra manera segura de realizar la observación consiste en proyectar la imagen del Sol mediante un pequeño espejo plano tal como se indica en la siguiente dirección de Internet: http://www.eclipse.org.uk/pparc_web/mirror.html



Con Instrumental

Existen diversas compañías que fabrican sistemas de proyección para el Sol mediante dispositivos ópticos compactos y mecánicamente sencillos, permitiendo realizar la observación simultánea y segura a un grupo de personas. Entre ellos podemos mencionar el Solarscope (<http://www.solarscope.org/sp/index.sp.html>) y el Sunspotter (<http://www.starlab.com/ltiprod.html>)

Si se utiliza un telescopio puede proyectarse la imagen que proporciona el ocular del telescopio. Bajo ningún concepto se debe mirar directamente por el ocular del telescopio o el buscador (cuya abertura deberá estar tapada), bajo riesgo de graves lesiones en el ojo. Para localizar al Sol se observará la sombra proyectada por el mismo telescopio. Cuando ésta sea mínima, el Sol estará en el campo de visión o muy próximo a él. Es aconsejable disponer de un ocular de bajo aumento y gran campo.

El tamaño del disco proyectado puede variarse acercando y alejando la pantalla de proyección al ocular, intentando asimismo crear el ambiente más oscuro posible alrededor de la pantalla de proyección para aumentar el contraste y la visibilidad de los detalles solares y el paso del planeta. Resulta más aconsejable realizar este método con telescopios refractores, ya que con los reflectores se puede dañar la óptica (figura 26).

Para telescopios reflectores es más adecuado emplear un filtro de plena apertura homologado. Existen tanto en láminas de material flexible como rígidas, algunas de vidrio óptico. En tal caso, la observación se hará mirando por el ocular del telescopio con la certeza de que el filtro se haya fijado firmemente en el tubo del telescopio (véase direcciones de suministradores de filtros solares en http://skyandtelescope.com/observing/objects/sun/article_101_1.asp).



2.4 Recursos en Internet

Programas

Este programa es de uso libre (freeware), necesitando para su instalación un descompresor de formato zip.

-<http://home.plex.nl/~gottm/doa/software/VenusTransit2004.zip>

Para Windows (en inglés). Pequeño programa específico para el tránsito de Venus del 8 de junio de 2004. Una vez introducidas las coordenadas del lugar de observación, calcula los diversos contactos del tránsito y muestra gráficamente la posición del planeta en el disco solar.