# OCULTACIONES DE ESTRELLAS POR OBJETOS DEL SISTEMA SOLAR: LA SORPRESA CONTINÚA

*Antoni Selva y Carles Schnabel*

Las ocultaciones de estrellas por objetos del sistema solar ofrecen resultados sorprendentes. La técnica ha evolucionado mucho: de las primeras observaciones visuales con cronómetros se ha pasado al uso de cámaras cada vez más rápidas y sensibles, que permiten obtener datos de gran precisión. En esta conferencia se presentan algunos de los descubrimientos que estas observaciones han hecho posibles.

**Descubrir estrellas dobles mediante ocultaciones**

Una de las aplicaciones más interesantes de las ocultaciones es la detección de estrellas dobles muy cerradas. Hay sistemas cuyas componentes están tan próximas que no pueden separarse con los telescopios convencionales. Sin embargo, cuando la Luna o un asteroide pasa por delante de la estrella, puede ocultar primero una componente y después la otra. La curva de luz muestra entonces dos descensos —o dos reapariciones— en lugar de uno solo.

La resolución angular que se obtiene de este modo puede ser extraordinaria. En uno de los ejemplos presentados, la separación entre las dos componentes era de apenas 24,9 milisegundos de arco, aproximadamente 0,025 segundos de arco. En otros casos se han medido separaciones de 257 o 28 milisegundos de arco. Estas distancias son demasiado pequeñas para resolverse visualmente con facilidad, pero pueden identificarse en los pequeños escalones que aparecen en la curva de luz durante la desaparición o la reaparición.

Los resultados mejoran cuando varios observadores registran el mismo evento desde distintos puntos de la franja de ocultación. Cada estación puede captar una parte diferente del fenómeno: en algunas curvas se distingue la ocultación de una componente y, en otras, la de las dos. Al combinar los datos es posible reconstruir mejor el sistema y confirmar que la estrella de fondo es doble, aunque inicialmente pareciera un único objeto.

En ocasiones el escalón es muy tenue y casi no se aprecia durante la desaparición, pero sí aparece en la reaparición, o al revés. Incluso los puntos intermedios de una curva pueden revelar que la estrella tiene dos componentes muy próximas. Se mostraron diversos ejemplos publicados en los que el análisis conjunto de las observaciones permitió detectar estas estrellas dobles.

También es posible utilizar una técnica conocida como *drift scan*. En vez de mantener la estrella perfectamente centrada, se deja que su imagen atraviese el campo y se registra su traza con una cámara CCD o CMOS. La traza se convierte después en una curva de luz. Si el objeto oculta parcialmente la estrella, el cambio de brillo puede quedar registrado como un

escalón. Esta técnica permite obtener información útil incluso con cámaras que no tienen una cadencia especialmente alta.

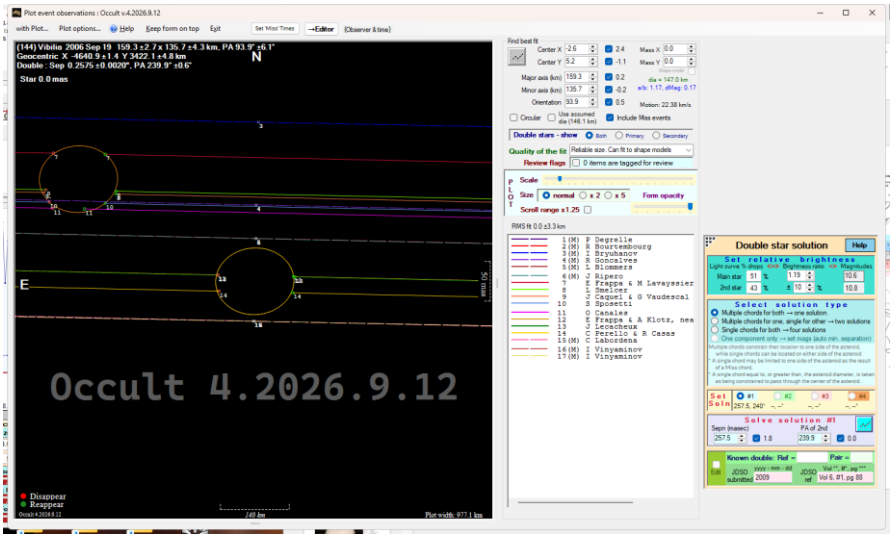


Figura 1. Descubrimiento de estrella doble con ocultación de asteroides

## La misión Gaia y las ocultaciones de objetos transneptunianos

La misión Gaia ha supuesto un cambio fundamental porque ha mejorado de forma notable la posición conocida de las estrellas y, con ello, la precisión de las predicciones de ocultaciones. Antes de Gaia, intentar observar una ocultación causada por un objeto transneptuniano o incluso por un centauro era muy difícil: las probabilidades de éxito podían ser del orden del 0,1 % o del 0,2 %. Aun así, algunos observadores se desplazaban de madrugada al observatorio para intentarlo, aunque solo consiguieran unas pocas detecciones positivas al año.

Con los datos de Gaia, los observadores aficionados españoles han conseguido registrar 23 detecciones positivas correspondientes a 12 eventos distintos. Hace una década, un resultado así habría parecido casi inalcanzable. Se mostraron ejemplos de observaciones realizadas por Carlos Schnabel, Ferran Casarramona y Óscar Canales, entre otros. Algunas tuvieron una resolución temporal muy buena gracias al brillo de la estrella; otras se consiguieron pese a que la predicción inicial no era especialmente favorable.

Estas observaciones son muy valiosas para los equipos profesionales y a menudo terminan incorporándose a artículos científicos. La participación de numerosos observadores permite cubrir distintas zonas de la franja prevista y reunir un conjunto de datos mucho más completo que el que podría obtener una única estación.

### Estudiar atmósferas: Plutón y Tritón

Las ocultaciones también permiten estudiar las atmósferas de los objetos del sistema solar exterior. En algunos casos, los equipos profesionales solicitan observaciones específicas de un objeto transneptuniano para comprobar si tiene atmósfera o para medir cómo cambia con el tiempo.

Cuando un objeto posee atmósfera, la luz de la estrella no suele desaparecer de golpe. La curva presenta una caída más gradual, a menudo con forma de V. El perfil permite estudiar propiedades de la atmósfera, como su densidad, y analizar si la presión cambia con el tiempo. En el caso de Plutón, se han utilizado observaciones para seguir la evolución de su presión atmosférica entre 1988 y 2016.

La astrometría de Plutón ya era suficientemente precisa antes de Gaia para predecir algunas de estas ocultaciones. En la charla se mostró una observación realizada con datos anteriores a la misión. También se explicó el fenómeno del *flash central*, observado en ocultaciones de cuerpos con atmósfera, como Tritón. Cuando la geometría de la ocultación es adecuada, la luz puede aumentar de forma notable cerca del centro de la sombra, incluso superando el brillo original de la estrella.

El ponente comentó que al principio consideraba el flash central más una posibilidad teórica que un fenómeno observable con claridad. Sin embargo, al registrar y analizar una curva de luz real, pudo comprobar que el efecto se producía y que los datos daban lugar a un trabajo científico.

### Anillos alrededor de cuerpos pequeños

Algunos asteroides y objetos transneptunianos tienen anillos que se han descubierto gracias a las ocultaciones estelares. Durante el evento, los anillos pueden bloquear parcialmente la luz de la estrella antes de que el cuerpo principal la oculte por completo. En la curva de luz aparecen entonces pequeñas disminuciones de brillo a ambos lados de la ocultación principal.

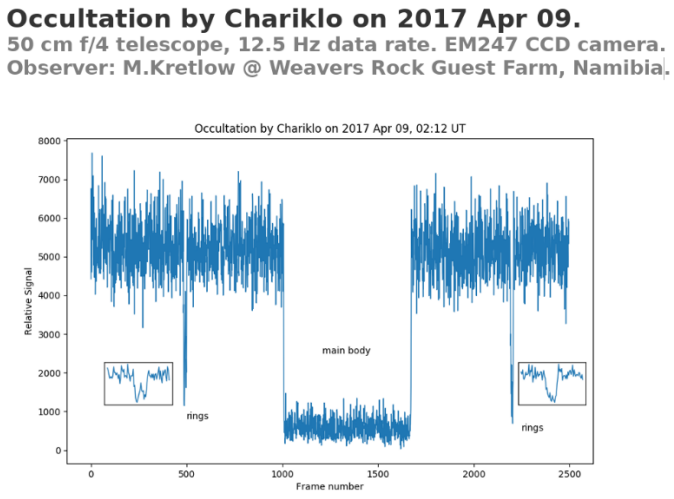


Figura 2. Descubrimiento de un anillo alrededor del asteroide Chariklo

Se presentó el caso de Chariklo, cuyos anillos se detectaron mediante observaciones realizadas en Namibia con un telescopio portátil de 50 centímetros. También se mencionaron observaciones de Quirón y otros objetos. Aunque los ponentes no habían conseguido detectar los anillos en sus propias observaciones, habían participado en una expedición a Argelia para intentar observar una ocultación de Haumea, un planeta enano que también posee anillos. La configuración no permitió detectarlos en aquella ocasión.

Estos casos muestran la importancia de seguir las predicciones y coordinar observaciones desde distintos lugares: cada evento ofrece una oportunidad de estudiar la estructura y las dimensiones de los anillos.

**Posibles satélites y asteroides múltiples**

Una curva de luz con dos descensos puede indicar que un asteroide tiene un satélite, pero también puede deberse a una estrella doble o a una ocultación rasante causada por la forma irregular del asteroide. Para distinguir las posibilidades hay que comparar la duración del evento con el tamaño estimado del objeto y analizar los tiempos de inicio y final de cada descenso.

Si el intervalo entre las desapariciones es compatible con el tamaño del asteroide, una explicación geométrica puede ser suficiente. Si la duración resulta mucho mayor de lo esperado, la hipótesis de una satélite gana fuerza. Se mostraron varios ejemplos de curvas de luz y de soluciones posibles, incluidos casos que fueron aceptados como descubrimientos de satélites y otro que todavía no había recibido esa confirmación.

**Detección de asteroides pequeños**

Antes de Gaia, las detecciones positivas correspondían habitualmente a asteroides de decenas de kilómetros de diámetro. Detectar objetos de solo unos pocos kilómetros era extraordinariamente difícil, porque la predicción de la franja de ocultación no tenía suficiente precisión. Con las nuevas predicciones han empezado a registrarse ocultaciones de asteroides mucho más pequeños.

Se presentaron ejemplos de objetos de aproximadamente tres kilómetros y de otros de 1,3 kilómetros. En uno de los casos, la ocultación duró solo unas catorce centésimas de segundo. Conseguir situarse dentro de la sombra de un asteroide tan pequeño demuestra la mejora de las predicciones astrométricas y la capacidad de los observadores para trabajar con gran precisión temporal.

Para registrar eventos tan breves se utilizan cámaras rápidas. Uno de los observadores explicó que trabaja con cadencias de hasta 100 imágenes por segundo, de modo que cada imagen representa una centésima de segundo. Para que una detección sea convincente no basta con un único punto durante la caída de luz: como criterio práctico compartido por los observadores, se intenta disponer de al menos tres puntos que permitan reconocer la forma del evento.

Con cámaras modernas es posible trabajar a esas cadencias con estrellas de magnitud aproximada 11 o 12, incluso con telescopios de unos 30 centímetros, siempre que las condiciones de observación lo permitan. La colaboración entre estaciones cercanas también refuerza los resultados: las observaciones independientes pueden confirmarse mutuamente, aunque estén separadas por una distancia pequeña.

## Preguntas

**¿Qué perspectivas abre el Observatorio Vera C. Rubin para el estudio de asteroides y objetos transneptunianos?**

Se espera que sus descubrimientos proporcionen más objetivos para estudiar. Aunque el observatorio detecte muchos objetos, las ocultaciones requieren secuencias rápidas y de alta cadencia para registrar con precisión el paso de la sombra. Esa no es la función principal de sus observaciones, por lo que seguirá habiendo trabajo para los observadores que caracterizan estos cuerpos mediante ocultaciones.

**¿Qué resolución temporal se utiliza para observar ocultaciones de apenas unas décimas o centésimas de segundo?**

Se pueden utilizar cámaras a 100 fotogramas por segundo, lo que equivale a una centésima de segundo por imagen. Para sostener una detección se procura registrar varios puntos durante el evento; un único punto suele ser insuficiente.

**¿Qué brillo deben tener las estrellas para trabajar a 100 fotogramas por segundo?**

Con cámaras modernas se pueden observar estrellas de magnitud aproximada 11–12 a esa cadencia. En condiciones adecuadas, pueden utilizarse telescopios de unos 30 centímetros, incluso bajo cielos con contaminación lumínica.

**Si otro observador está muy cerca, ¿es necesario que ambos registren la misma ocultación?**

Sí, puede ser útil. Las observaciones independientes se refuerzan mutuamente y aumentan las posibilidades de confirmar el evento. Incluso si las estaciones están muy próximas, pueden producirse diferencias o incidencias que hagan valioso disponer de más de un registro.

**¿Dónde se pueden consultar las ocultaciones que podrían observarse desde una ubicación concreta?**

Se recomendó la aplicación Occult Watcher. Al introducir las coordenadas del observador, muestra los eventos previstos para esa ubicación y sus probabilidades. También dispone de versión para dispositivos móviles.