

Ocultamientos por asteroides en OLASU

Autor: Eduardo Manuel Alvarez (olasu@adinet.com.uy)

Una de las actividades científicas que en OLASU nos hemos propuesto llevar adelante a partir de este año es el monitoreo de ocultamientos de estrellas por parte de asteroides. Nuestro objetivo es registrar la mayor cantidad posible de tales eventos, rescatar la información del caso, y reportarla a la autoridad correspondiente.

Durante mayo pasado tuvimos la suerte de contar con cinco predicciones de ocultamientos por asteroides cuya traza probable pasaba sobre o muy cerca de nuestro observatorio. De tales eventos, cuatro coincidieron con cielos despejados, por lo que efectivamente los pudimos monitorear, resultando dos ocultaciones positivas y dos negativas.

Introducción

La ocultación de estrellas por parte de asteroides aporta valiosa información que sirve para precisar los valores orbitales del asteroide observado, pero también para mejorar el conocimiento de su forma y dimensiones, y hasta inclusive para poder descubrirles eventuales satélites.

El organismo mundial que se encarga de todo lo que tiene que ver con las ocultaciones de estrellas, tanto por parte de asteroides como por parte de todos los restantes cuerpos del Sistema Solar, fue oficialmente constituido en 1975 bajo la denominación de IOTA por sus siglas en inglés (*International Occultation Timing Association*).

La ocultación en sí misma es un evento de corta duración. La duración total de la ocultación depende del tamaño del asteroide, su velocidad orbital y la distancia a nosotros, pero para un asteroide de unas pocas decenas de kilómetros de diámetro dicho evento normalmente no pasa de los 10 segundos.

Existen básicamente tres niveles en cuanto a la calidad de la información útil que se puede obtener de la observación de los ocultamientos. La información más simple es la comprobación lisa y llana de que para un determinado lugar (el sitio exacto del observador) o bien la ocultación prevista efectivamente se produjo (siendo la misma declarada entonces como un evento “positivo”) o bien no se produjo (siendo entonces declarado como un evento “negativo”).

Un segundo nivel de información refiere a conocer cuánto tiempo duró la ocultación observada, con la mejor precisión posible (usualmente, con un error menor que 0,5 segundo); por último, como objetivo final del ocultamiento, poder saber además la hora exacta de comienzo y fin (también con un error menor que 0,5 segundo). El conocimiento de estos horarios exactos permite integrar la información obtenida por distintos observadores ubicados en distintas localidades, y así poder relevar el “perfil” del asteroide “observado”.

Existen varias técnicas para observar y registrar las ocultaciones. Para determinar fehacientemente si la ocultación se produjo en el lugar del observador, alcanza con monitorear visualmente la estrella correspondiente durante por lo menos unos cinco minutos (desde 2 ó 3 minutos previos a la hora predicha, hasta 2 ó 3 minutos posteriores a la misma), y simplemente observar si durante dicho lapso se produce o no un transitorio descenso en el brillo de la estrella monitoreada.

La medición exacta del tiempo de la ocultación requiere por lo menos usar apropiadamente un simple cronómetro. Otra forma sencilla es registrar audiblemente en un grabador de audio los momentos de inicio y de fin del fenómeno. Ambos métodos introducen el tiempo de reacción del propio observador, aunque supuestamente este tiempo es el mismo al empezar que al terminar, por lo que la medida de la duración total del evento no se verá sensiblemente deformada.

Para conocer además el momento exacto de inicio y fin del ocultamiento con una precisión del orden de 0,5 segundo ya no es posible observar la ocultación solo visualmente, sino que es necesario apelar a recursos más sofisticados. Lo usual es grabar el desarrollo de todo el evento en video o en imágenes CCD, incorporando al mismo tiempo en la grabación la información de la correspondiente hora exacta.

Existen varios portales en Internet donde obtener muy buena información en general acerca del tema de la ocultación por asteroides. En particular, la IOTA ofrece libremente un muy recomendable manual de 377 páginas (*Chasing the Shadow: The IOTA Occultation Observers Manual*) con toda la información práctica acerca del tema (<http://www.poyntsource.com/IOTAmannual/index.htm>).

Teniendo en cuenta el relativo simplismo del equipamiento necesario para observar ocultamientos por asteroides, la adopción de dicha actividad de forma seria y sistemática por parte de aficionados es perfectamente posible. Sin embargo, la realidad muestra que en cada año, en todo el mundo, apenas se reportan unas 200 ocultaciones por asteroides.

Eligiendo el método a emplear

Una vez que en OLASU tomamos la decisión de incursionar en la observación de ocultamientos por asteroides, lo primero que hicimos fue ver cuál era la mejor técnica a utilizar de acuerdo con nuestro equipamiento disponible. Si bien tenemos una cámara de video para cielo profundo, la incorporación simultánea de la hora exacta nos planteaba un problema que todavía permanece sin resolución satisfactoria.

En teoría, la alternativa más simple era utilizar la cámara CCD, dejando abierto el obturador y apagando el motor de *tracking* del telescopio (método que se denomina *CCD Drift Scan Timing*, <http://www.users.bigpond.com/reedycrk/driftscantiming.htm>). Con alegría verificamos que si apagábamos dicho motor durante un cierto tiempo y luego lo volvíamos a encender, el telescopio no perdía su orientación y era nuevamente capaz de posicionarse en el cielo con precisión sobre cualquier punto indicado, como si nada hubiese pasado (de no haber sido así, la aplicación de este método hubiese resultado tremendamente complicada para nosotros).

Teniendo en cuenta que el chip de nuestra cámara CCD (Meade DSI II PRO) es relativamente pequeño (4,7 x 5,6 mm), el campo de imagen (*FOV*) cuando dicha cámara se utiliza con el telescopio principal (Meade LX200R, de 30 cm, f/10) con un reductor focal (f/3,3) resulta también relativamente pequeño, siendo igual a

$$FOV = 57 \frac{\text{tamaño CCD}}{\text{dist. focaleff}} = 57 \frac{5,6}{3000 \times 3,3} = 0,322^\circ = 19 \text{ arcmin}$$

El tiempo total (*T*) que demora una estrella en derivar a través de la imagen CCD desde una punta a la otra depende de la declinación de la estrella (cuanto más rápido se desplaza angularmente una estrella, menos tiempo demora en recorrer el campo estático). Por ejemplo, para el caso de una estrella que se ubica sobre el ecuador celeste (o sea, para la deriva más rápida posible) dicho tiempo equivale a

$$T = \frac{FOV}{15,0411 \times \cos(DEC)} = \frac{19 \times 60}{15,0411 \times \cos(0^\circ)} = 76 \text{ segundos}$$

Si bien este tiempo es bastante superior a la corta duración de los ocultamientos normales por asteroides, es sin embargo insuficiente frente a los 4 ó 5 minutos requeridos para cubrir con absoluta certeza la incertidumbre inherente a la predicción de dichos eventos (especialmente si no se desea desaprovechar la oportunidad de descubrir algún posible satélite del asteroide observado).

De cualquier manera, y al no quedarnos otra alternativa mejor (como ya lo dijo el sabio Kesman: “*Es lo que hay, ¡valor!*”) nos decidimos por trabajar con este método. Para mejorar un poco los tiempos totales de cobertura de las potenciales ocultaciones siempre trabajamos con la cámara CCD “atravesada”, es decir, que las derivas en vez de resultar a lo largo del ancho de la imagen ocurriesen según la diagonal, con lo cual ganamos un factor del orden del 35% (tiempo total para la deriva más rápida: unos 100 segundos).

Las imágenes de prueba de deriva que hicimos sobre campos de estrellas nos dieron que para alturas por encima de los 40°, sin luna, no había ningún problema con exposiciones que ocuparan los 100 segundos de exposición. En cambio, a medida que nos aproximábamos a la contaminación luminosa del horizonte, pero sobre todo a medida que la luz de la luna “contaminaba” el cielo, las imágenes debían ser de bastante menor duración porque de lo contrario se “velaban”. Vimos que igual podíamos tomar series rápidas de imágenes con lo que solucionábamos parcialmente el problema, al precio de obtener “gaps” entre imágenes consecutivas de aproximadamente 1 segundo.

El tema de conocer el tiempo exacto

Para conocer los tiempos exactos de ocurrencia de inicio y fin de los ocultamientos con una precisión mejor que 0,5 segundo es necesario disponer de un reloj bastante estable y sincronizado con un patrón. La manera más fácil de conseguirlo es utilizar el propio reloj interno de una computadora (si bien no muy preciso, el error que puede introducir en cortos períodos de tiempo es bastante menor que 0,5 segundo) una vez que haya sido debidamente sincronizado con un reloj atómico.

Existen varios programas de uso libre en Internet que permiten tal sincronización. El que nosotros usamos se llama *Dimension 4* (<http://www.thinkman.com/dimension4/>). Una vez instalado, asegura que luego de una sincronización forzada (esto es, luego de efectuada), el reloj de la computadora apenas tendrá unos pocos milisegundos como máximo error posible con relación al tiempo exacto universal. Este horario de la computadora es la base de información temporal que cada imagen CCD en formato FITS registra automáticamente. Según el programa de captura aplicado, dichos tiempos registrados pueden ser el de inicio de la imagen, el de mitad de imagen, o el de su finalización.

Este punto nos trajo más de un dolor de cabeza. La aspirina del caso surgió una vez que descubrimos que la hora de imagen que registra el programa de captura utilizado (*Autostar Envisage 7.05*) y que corresponde a su horario de finalización, era erróneamente interpretada como horario de inicio por los dos programas de procesamiento de imagen que utilizamos (*MaxIm DL 5.02* y *AIP4Win V2*).

Tirándonos al agua

Después que hacia fines de abril tuvimos la certeza que estábamos en condiciones de intentar el monitoreo de ocultaciones por asteroides solo faltaba ver cuándo realmente podríamos debutar en la cancha grande. Del correspondiente análisis de predicciones de ocultaciones (<http://www.asteroidoccultation.com/>) previstas para mayo vimos que pronto habría varias con trazas muy cercanas a OLASU, las que de inmediato quedaron marcadas en rojo en nuestro calendario de actividades futuras.

Las cinco predicciones de ocultaciones favorables correspondían a los siguientes datos:

<i>Mayo 2009</i>	<i>Asteroide</i>	<i>Estrella</i>	<i>Delta mag</i>	<i>Duración</i>
07 – 04:58 UT	792 Metcalfia	TYC 6114-00052-1	2,5	7,6 seg
10 – 06:10 UT	414 Liriope	TYC 4977-01459-1	4,1	5,1 seg
11 – 03:52 UT	2510 Shandong	HIP 81671	6,6	1,7 seg
14 – 01:44 UT	814 Tauris	UCAC2 26481417	3,0	8,3 seg
19 – 00:48 UT	206 Hersilia	TYC 5564-00148-1	1,4	9,0 seg

Hacia la noche del primer intento (miércoles 6 de mayo) el cielo empezó a despejarse luego de una tarde bastante nublada. Enrique Arrambide, Daniel Nava y yo quedamos entonces en empezar a trabajar a las 23:30 hs (el ocultamiento estaba previsto para minutos antes de las 2 de la madrugada, hora local).

Con cuidado y sin prisa fuimos preparando todo. Preciso enfoque (¡qué papa que ahora es enfocar con la máscara del ruso Bahtinov!), toma de suficientes *darks*, ubicación exacta de la estrella en cuestión (de magnitud 11,6), y obtención de varias imágenes de dicho campo. Lo que más nos complicaba era una muy luminosa luna (más del 95%) a menos de 8° de separación de la estrella a ocultar. De acuerdo a las imágenes de prueba obtenidas semejante condición de contaminación lumínica nos impuso limitar la exposición de imágenes fijas a 15 segundos como máximo. Planificamos sacar 5 imágenes consecutivas de 15 segundos, cubriendo en total un tiempo máximo de poco menos de 80 segundos.

A medida que la *hora señalada* se aproximaba (y tal cual modernos *Gary Cooper*), la tensión del equipo iba en aumento. Nos dividimos las tareas principales de llevar la cuenta regresiva, detener el *tracking*, e iniciar las imágenes, las que practicamos muchas veces (creo que al final cada uno de nosotros hubiese podido hacer lo que le correspondía casi de ojos cerrados). Finalmente, cafés de por medio, estuvimos preparados y “en posición” para el gran momento, cada uno ocupó su lugar (para mí era como una pequeña NASA) unos diez minutos antes del lanzamiento ... perdón, de la ocultación.

Y por suerte, ¡¡¡la ocultación se nos dio!!! Al inicio de la tercera imagen claramente vimos cómo la traza correspondiente a la estrella monitoreada no “empezaba” clara y luminosa como venía siendo en las dos imágenes anteriores, sino que reapareció demorada varios segundos después. ¡Bendito seas, 792 Metcalfia!

Quedamos locos de alegría. Yo sabía que trabajando bien en algún momento íbamos a coronar con éxito el esfuerzo, pero obviamente lejos estaba de creermelo que lo conseguiríamos de entrada. Suerte de principiante, que le dicen. La excitación hizo que nos quedásemos calibrando y analizando las imágenes hasta casi las 3 de la mañana, y eso que al otro día había que levantarse a las 6 (al menos yo) para ir a trabajar. En la tarde/noche siguiente cumplimos con los formalismos y enviamos el reporte a la IOTA con todas las de la ley.

Para hacerla corta, los siguientes dos ocultamientos de nuestro programa (los de la madrugada del domingo 10 y la noche del lunes 11) efectivamente los monitoreamos, pero ambos con resultado negativo: las correspondientes estrellas ni pestañaron. Fue una pena, porque además del “embalaje” con que veníamos, la predicción del ocultamiento del domingo 10 (cuya traza estaba prevista casi por encima de OLASU) correspondía a un asteroide ocultando una estrella doble, evento muy poco común. Como era nuestra obligación, igual enviamos a la IOTA los respectivos reportes negativos de cada una de tales observaciones.

La siguiente ocultación prevista (la de la noche del miércoles 13) tuvo lugar con un cielo todo cubierto, por lo que nos fue imposible poder observarla. La tarde del quinto y último evento que teníamos agendado (la noche del feriado lunes 18) fue feísima, toda gris y fría. La ocultación estaba prevista para las 21:48, y cuando vimos que a las 20 hs el cielo seguía totalmente encapotado, dimos por perdida la oportunidad.

Sin embargo, de manera totalmente inesperada a las 21:10 vimos que se había despejado totalmente, y allí pusimos de inmediato a OLASU a trabajar contra reloj (apertura de cúpula, encendido del telescopio, estabilización de cámara CCD, enfoque, búsqueda del campo de la ocultación, pruebas de imágenes, etc, todo ello en menos de media hora). Esta vez se intentó con 3 imágenes de 30 segundos cada una y ... ¡de nuevo hubo suerte! Y esta vez aun mejor que la primera vez, porque la ocultación “cayó” íntegramente dentro de una misma imagen.

Seguimos y seguiremos haciendo trabajo de ocultaciones. El próximo paso a dar es hacer nuestras propias predicciones y análisis de resultados en base al software especializado *Occult v4.0*, de acceso libre (<http://www.lunar-occultations.com/iota/occult4.htm>). Desde ya que quedamos a las órdenes para colaborar con cualquiera que desee incursionar en este interesante tema. Cuantos más

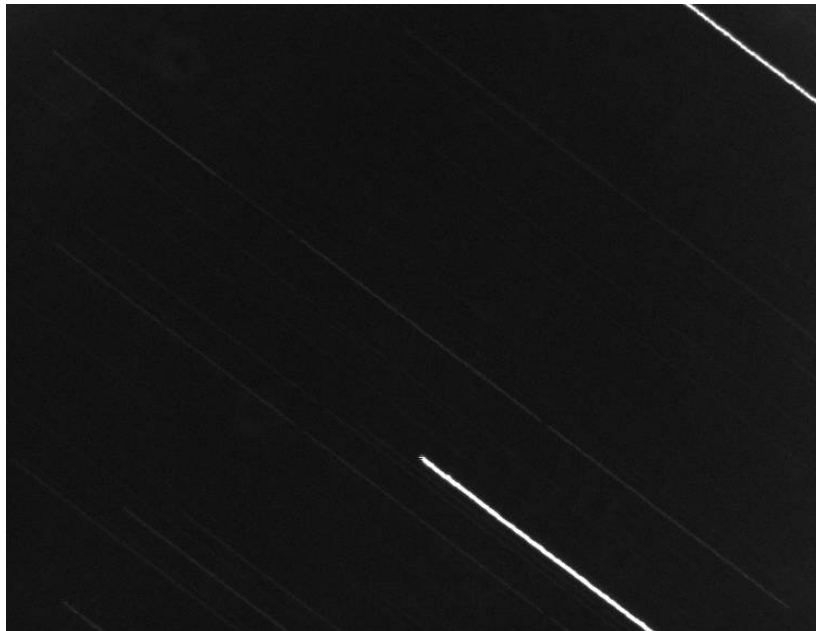
aficionados distribuidos geográficamente por toda nuestra región podamos monitorear al mismo tiempo el mismo ocultamiento, habremos de estar en muy buenas condiciones para elaborar certeros perfiles de los asteroides estudiados, pudiendo por tanto realizar un sistemático aporte científico de mucha mayor valía.

Conclusión

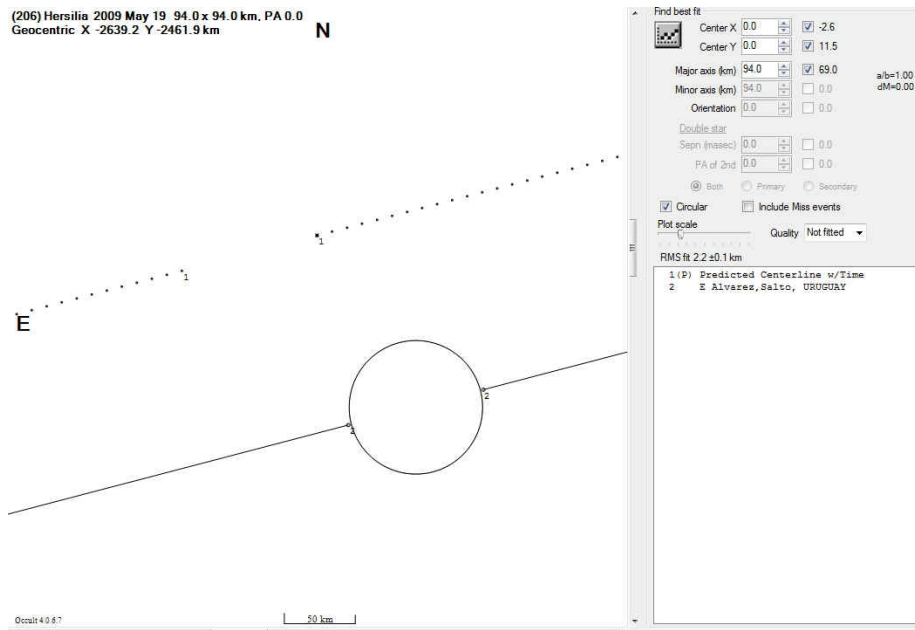
Lo que nos queda de esta enriquecedora experiencia es que la observación de ocultamientos por asteroides es un objetivo bastante sencillo de llevar a cabo por parte de aficionados, habiendo incluso un abanico de distintas posibilidades de obtención de valiosa información según el equipamiento disponible. Así y todo, incluso para el mayor grado de desafío posible (esto es, la determinación de los tiempos exactos de inicio y fin del ocultamiento) el instrumental necesario (telescopio + cámara CCD + computadora + Internet) hoy por hoy está al alcance de la mayoría de nuestros colegas.

La observación de ocultamientos de estrellas por parte de asteroides cae perfectamente entonces dentro de las actividades que los aficionados podemos llevar adelante a los efectos de obtener información real y valedera. La astronomía sigue siendo de las pocas ramas de la ciencia en que los aficionados serios y consecuentes todavía tienen mucho que aportar a la investigación profesional. Siendo estos fenómenos de los ocultamientos tan efímeros y “locales”, y habiendo tan pocos aficionados por estas latitudes, el desafío queda planteado a todos aquellos que quieran recoger el guante y sumarse a la causa.

IMAGENES ANEXAS

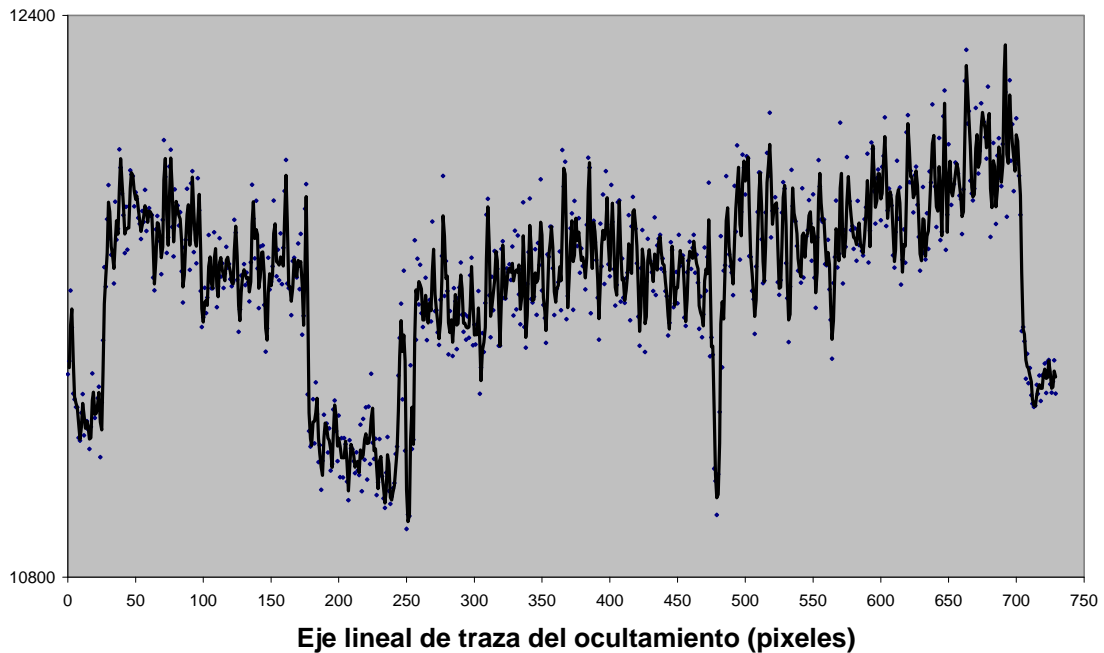


La traza a lo largo de la diagonal mayor de la imagen corresponde a la estrella TYC 5564-00148-1 (11,8 mag), apareciendo parcialmente ocultada por parte del asteroide 206 Hersilia (12,8 mag), siendo la caída de magnitud igual a 1,4 mag (imagen obtenida en OLASU el 18 de mayo de 2009).



Procesamiento de los resultados obtenidos en OLASU de la ocultación por 206 Hersilia del 18 de mayo de 2009 por medio del software Occult v4.0. Como se ve, un resultado aislado brinda poca información, pero en caso de poderse integrar datos provenientes del mismo evento por parte de otros observadores, el perfil y dimensiones reales del asteroide quedaría mucho mejor determinado.

FOTOMETRIA DEL OCULTAMIENTO POR (206) HERSILIA



En el gráfico superior se ve claramente que el ocultamiento “cayó” íntegramente dentro de la tercera imagen CCD obtenida (la deriva de la traza estelar fue avanzando desde la derecha a la izquierda). En total se obtuvieron tres imágenes de 30 segundos cada una.



El equipo de OLASU (de izquierda a derecha, Enrique Arrambide, Eduardo Manuel Alvarez y Daniel Nava) calibrando y analizando a las 2:30 de la mañana las imágenes acabadas de obtener de la ocultación por 792 Metcalfia, el pasado 7 de mayo de 2009.



Vista exterior de OLASU, en Salto, desde donde se llevaron a cabo las observaciones.