

# 10

## Astrometría y fotometría de NEOs (Near Earth Objects)

Xavier Puig, Octavi Guillamon, Montserrat Ribell  
(Agrupación Astronómica de Sabadell)

### Resumen / Abstract

**Objetivos:** Observación regular de asteroides del grupo conocido como NEOs (Objetos Próximos a la Tierra) en las fechas en torno a la máxima aproximación de éstos a la Tierra.

**Método:** Observaciones astrométricas y fotométricas de asteroides de este tipo para obtener su posición y magnitud. La comparación con efemérides permiten obtener correcciones en la predicción de posición.

**Resultados:** Se presentan los resultados obtenidos para ocho asteroides estudiados desde el observatorio de la Agrupación Astronómica de Sabadell. En general, los resultados obtenidos han confirmado las efemérides, excepto en el caso del asteroide 2007DT103.

***Aim:** To perform regular observations of asteroids of type NEO (Near Earth Objects) on the dates corresponding to their maximum approximation to the Earth.*

***Method:** Astrometric and photometric observations to obtain the position and magnitude of these NEOs. A comparison with ephemerides allows us to obtain corrections in the prediction of position.*

***Results:** We show the results obtained for 8 asteroids studied from the observers of the Agrupación Astronómica de Sabadell. In general, the results obtained are in good agreement with the ephemerides, except in the case of 2007DT103.*

## Introducción

Los NEOs son cuerpos del Sistema Solar cuyo perihelio es menor que 1,3 UA debido a la configuración de sus órbitas. Ello hace que en algún momento la distancia entre un NEO y la Tierra sea suficientemente pequeña como para que exista riesgo de impacto. Entre los NEOs hay cometas con periodos menores a 200 años y asteroides. Tales asteroides se dividen en tres familias: Atenas, Amor y Apollo.

Cuando un NEO pasa a una distancia de la Tierra igual o menor que 0,05 UA, se le califica de potencialmente peligroso, entrañando un relativo riesgo de impacto; en la actualidad se conocen unos 1.050. Para mayor información sobre la naturaleza de los NEOs, sus características orbitales y observacionales, se puede consultar la comunicación presentada en la XX edición de la Convención de Observadores que la Agrupación Astronómica de Sabadell celebró en diciembre de 2007. En esta comunicación, Montserrat Ribell y Carme Bastús dieron detalles básicos acerca de estos astros y dieron a conocer los resultados de las observaciones que empezaron en junio de 2006. También se puede consultar el texto de la conferencia que Montserrat Ribell y Xavier Puig ofrecieron el 10 de diciembre de 2008. El presente texto pretende ser el complemento a aquella conferencia, haciendo hincapié en los detalles de las observaciones y realizando una pequeña discusión de resultados.

## Fuentes de información

La observación de NEOs por parte del grupo de la Agrupación ha supuesto la búsqueda de fuentes de información donde adquirir listados de astros pertenecientes a esta familia con las fechas de aproximaciones a la Tierra, a fin de observarlos y obtener datos fotométricos y astrométricos. Entre todas estas fuentes, las dos que con mayor frecuencia se consultan son la web del programa NEO de la NASA/JPL, <http://neo.jpl.nasa.gov>, en la cual se puede obtener información acerca de las características orbitales, aproximaciones a la Tierra pasadas y futuras, estadísticas de descubrimientos desde los inicios del programa, etc. Se trata de un sitio web muy bien diseñado, de fácil acceso (en inglés). Otra web que también resulta ser muy útil para la planificación de las observaciones es Horizons, <http://ssd.jpl.nasa.gov/horizons.cgi>, también del JPL, que genera efemérides

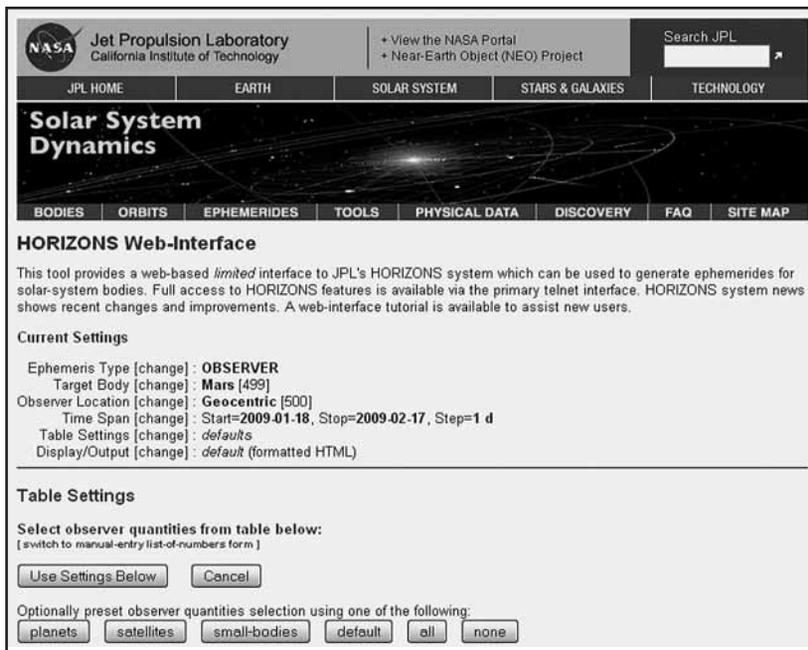


Figura 1. Copia de pantalla de la web Horizons.

para la observación de cualquier astro del Sistema Solar. Entre muchas opciones, permite modificar la tabla de datos generada en una consulta, de modo que se pueden añadir campos (hay unos cuarenta campos de datos diferentes), condicionar los resultados por altitud mínima por encima del horizonte o por masa de aire. Así mismo se puede generar la tabla de efemérides en formato de pantalla (para visionar los datos desde el ordenador), en formato texto para impresión directa sin manipulación por parte del usuario e incluso descargar ese fichero de efemérides para un tratamiento posterior en una hoja de cálculo, por ejemplo. De hecho esta web se ha convertido en una de las preferentes, de consulta casi diaria por parte de los miembros del grupo de observaciones (figura 1).

### Procedimiento previo a la observación

El grupo de observación de NEOs de la Agrupación se planteó la obtención de medidas fotométricas y astrométricas para remitirlas al Minor Planet Center. En el momento de elaborar la programación de las obser-

vaciones de aproximaciones de NEOs se establecen unos criterios observacionales en base a las previsiones de posición en el firmamento. Se determinan cuáles son visibles desde la posición geográfica del observatorio en los días alrededor de la fecha de máxima aproximación, típicamente dos días antes y dos días después, se generan las efemérides y se eligen aquellos que cumplen unos requerimientos, a saber, la idoneidad de la posición en el cielo (altura superior a  $25^\circ$  encima del horizonte), magnitud como máximo en torno a 18 y disponibilidad de tiempo en el observatorio. Todo ello hace que, a pesar de producirse muchas aproximaciones a lo largo de un año, sean relativamente pocas las observaciones que se puedan llevar a cabo. Menos aún cuando la meteorología se impone a las intenciones.

La observación regular de NEOs empezó hacia mediados de junio de 2006. Desde entonces se han observado más de una decena de asteroides NEA (Near-Earth Asteroid), aunque no todas las observaciones han sido positivas: hubo casos en que el asteroide no era lo bastante brillante como para realizar medidas (relación señal-ruido muy baja). A veces sucede que la magnitud prevista no coincide con la observada, tendiendo a ser siempre más débil. Debe tenerse en cuenta que no siempre ha sido posible observar un NEO el mismo día de su máxima aproximación o en los días próximos a esta fecha, ya sea porque directamente no es visible desde el observatorio o porque las nubes lo han impedido.

## Equipamiento

Las observaciones se realizan desde el observatorio de la Agrupación, en Sabadell, con el telescopio de 0,5 m de abertura en configuración Newton, a  $f/4$ . La cámara CCD que actualmente se utiliza es una SBIG ST-8XME (1.530x1.020 píxeles, tamaño del píxel 9x9 micras, 16 bit). En las observaciones realizadas antes de 2008 se hacía uso de una cámara FLI CM-9 (512x512 píxeles, tamaño del píxel 20x20 micras, 16 bit). Junto con la cámara se dispone de un juego de filtros, usando siempre el filtro R (rojo) del sistema Johnsons-Cousins. Las imágenes obtenidas siempre son corregidas de corriente de oscuridad, aplicando imágenes *dark frame* e imágenes de aplanamiento de campo (*flat field*).

## Análisis

Las determinaciones fotométricas se han realizado mediante el software



Figura 2. **Izquierda:** 2004XP14 el 3 de julio de 2007, exposición de 120 s. **Derecha:** al día siguiente; exposición de 120 s.

Astroart.4 y una hoja de cálculo para extraer la magnitud instrumental y los errores en esta medida. Para esta tarea se ha tomado como referencia el catálogo GSC2.3 (General Star Catalog). En cuanto a las mediciones astrométricas, han sido realizadas con el programa Astrometrica, y como catálogo de referencia en astrometría se ha utilizado el USNO-A2.0 (United States Naval Observatory, versión A 2.0).

Los catálogos citados, así como muchos otros, se pueden consultar y descargar desde la web SIMBAD (<http://simbad.u-strasbg.fr>) y a través de la aplicación Aladin (<http://aladin.u-strasbg.fr>).

Una vez determinados los datos astrométricos y fotométricos, éstos se disponen en una hoja de cálculo donde se comparan con los datos previstos en las efemérides generadas mediante la aplicación web Horizons (ver más arriba). Ello proporciona la discrepancia que haya entre la previsión y la medición. Por lo general, estas discrepancias no son mayores de cinco o seis segundos de arco, tanto en ascensión recta como en declinación. Hubo un caso en el que la discrepancia fue muy notable, tanto que incluso se hizo difícil la observación puesto que el asteroide no se encontraba en la posición prevista que indicaban las efemérides generadas unas horas antes. Esto sucedió con el asteroide 2007DT103, observado el día 29 de julio de 2007 (más adelante se dan detalles).

**Tabla 1. Resumen de NEOs observados y velocidades aparentes**

NEO	Fecha	$\alpha$ (°/h)	$\delta$ (°/h)	Vel. aparente (°/h)
2004XP14	3/07/2006	-2,33	-0,81	2,47
2004XP14	4/07/2006	-0,27	-0,18	0,32
2001QQ142	29/12/2006	0,04	0,11	0,12
2001BE10	19/01/2007	-0,14	0,05	0,15
2007DT103	29/07/2007	-0,03	-0,02	0,04
162142	6/11/2007	-0,09	0,05	0,10
2007TU24	29/01/2008	0,12	-0,53	0,54
8567	12/09/2008	0,09	0,01	0,09

A través de la reducción de las observaciones con el programa Astrometrica se genera el informe. No es más que un fichero de texto que desde la Agrupación se remite al Minor Planet Center. En este informe constan el nombre del astro, la fecha y hora de las mediciones, las coordenadas y la magnitud. También se indican los datos de la observación (instrumental) y del catálogo de referencia usado para los cálculos. Este informe sirve para que se procesen nuevos cálculos de la órbita del NEO, junto con otros muchos enviados por observadores de todo el mundo. Cada observación es evaluada y tenida en cuenta para la mejora de los elementos orbitales. Este es el motivo por el que las observaciones de astrónomos amateurs son importantes y, además, pueden ser realizadas con un instrumental relativamente asequible.

## Resultados

### 3 de julio de 2006. 2004XP14

El primer NEO observado fue el 2004XP14, que pertenece a la familia de los asteroides Apollo. Tiene un diámetro estimado de 600 m. Fue descubierto el 10 de diciembre de 2004. Para establecer su órbita se han utilizado 1.054 observaciones. El día de máxima aproximación a la Tierra fue el 3 de julio de 2006, en cuyo momento la mínima distancia era de 1,1 LD. (LD es la unidad de distancia lunar; sirve para medir distancias entre astros del Sistema Solar; 1 LD equivale a 384.403 km). O sea que este asteroide pasó un poco más lejos de la distancia que separa

la Tierra de la Luna. En este caso se pudieron realizar observaciones el mismo día de su máxima aproximación (3 de julio de 2006) y el día posterior.

La magnitud aparente estaba alrededor de 12, aunque ésta varió notablemente, como se puede apreciar en la figura 2. Como su velocidad relativa era elevada (tabla 1), las exposiciones realizadas no pudieron ser superiores a 5 segundos, ya que si se obtenían con más tiempo la imagen del asteroide no resultaba puntual, sino como una pequeña traza. Se hizo por curiosidad una exposición de 120 segundos y la traza que dejó fue sorprendente. Al día siguiente, y debido a que su velocidad aparente era menor, con la misma exposición la traza se redujo considerablemente.

El estudio realizado sobre la variación lineal de la magnitud y los cálculos astrométricos coincidieron con los datos dados a través de la web del Jet Propulsion Laboratory (JPL).

### **29 de diciembre de 2006. 2001QQ142**

El siguiente NEO observado fue el 2001QQ142, también de tipo Apollo. Es un NEO potencialmente peligroso (PHA, *Potentially Hazardous Asteroid*). Su diámetro estimado es de unos 900 m. Su descubrimiento tuvo lugar el 22 de agosto de 2001 y su órbita se ha calculado sobre 288 observaciones.

Durante la máxima aproximación a la Tierra, acaecida el día 29 de diciembre de 2006, la distancia a la Tierra era de 53,7 LD, con una magnitud aparente de 17. En este caso el tiempo de exposición de las imágenes obtenidas fue de 30 s, dado que el movimiento aparente no era demasiado rápido. El análisis astrométrico posterior coincidió con las posiciones previstas. Esta situación de coincidencia, siempre con una cierta pequeña discrepancia debida a errores instrumentales, es bastante habitual gracias al gran número de observaciones sobre las cuales se basan los cálculos orbitales, observaciones que proceden tanto de observatorios profesionales como amateurs que remiten sus mediciones de manera regular.

### **19 de enero de 2007. 2001BE10**

El asteroide 2001BE10 tiene un diámetro estimado de 650 m. Su descubrimiento fue el 18 de enero de 2001 y su órbita ha sido calculada sobre 661 observaciones. Es de tipo Atenas y es un PHA. La última máxima aproximación

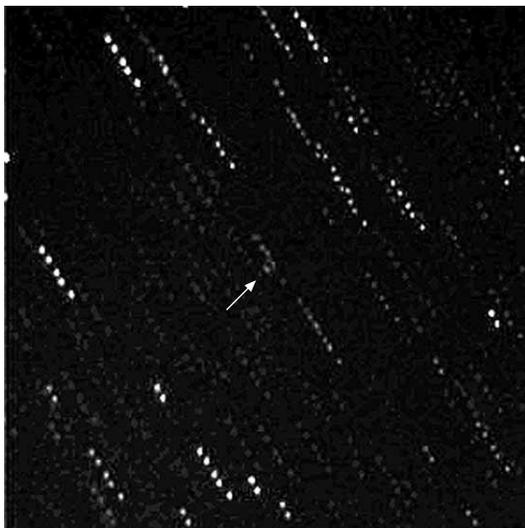


Figura 3. 2007DT103. Suma de 6 imágenes de 15 s de exposición.

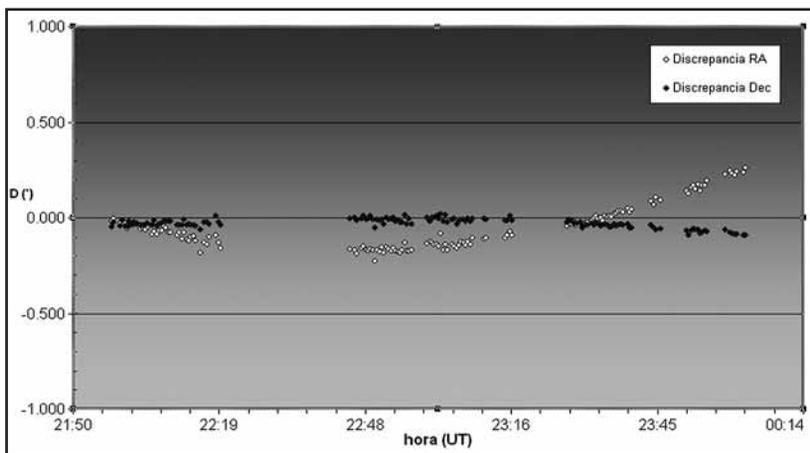


Figura 4. Discrepancias en ascensión recta y declinación entre mediciones y efemérides generadas una hora antes de la observación.

a la Tierra tuvo lugar el 19 de enero de 2007 y la mínima distancia fue de 40,9 LD, con una magnitud aparente de 15,9. En esta observación se realizaron exposiciones de 60 segundos, con unos resultados fotométricos y astrométricos que también coincidieron con las efemérides previstas.

### **29 de julio de 2007. 2007DT103**

El 2007DT103 es un asteroide NEO de tipo Apollo y también es un PHA. Se descubrió el 22 de febrero de 2007 y su órbita está calculada sobre 774 observaciones. La máxima aproximación a la Tierra fue el 29 de julio de 2007, cuando la mínima distancia era de 1,0 LD. Por lo tanto pasó a una distancia equivalente a la que hay entre la Tierra y la Luna. La magnitud aparente era de 13,8 (figura 3).

Normalmente, aún efectuando la programación de las observaciones con mucha antelación, éstas se han de comprobar el mismo día porque puede haber variaciones. En este caso se realizó la pertinente comprobación unas horas antes de la observación y las efemérides no habían variado, pero al iniciar la observación no se encontraba el asteroide en la zona prevista mientras que, por su magnitud debía ser fácil verlo. Revisadas de nuevo las efemérides se vio que habían cambiado considerablemente. Una vez localizado el asteroide, obtenidas las imágenes y realizadas las reducciones fotométricas y astrométricas, pudimos advertir que aun así la discrepancia con las efemérides era notablemente superior a lo habitual. Se enviaron los datos al Minor Planet Center. Al cabo de unos días informaron que las reducciones no eran correctas. Se rehicieron las mediciones y se redujo el número de registros, de manera que acabaron siendo cuatro. Se remitieron de nuevo los datos y fueron aceptados. En Astrum núm. 197 se comentó este caso y se publicaron las gráficas de discrepancia (figura 4).

### **6 de noviembre de 2007. 162142**

El asteroide 162142 es un NEO perteneciente a la familia Atenas. Descubierta el 10 de noviembre de 1998, tiene un diámetro estimado de 900 m; su órbita está calculada sobre 314 observaciones. La máxima aproximación a la Tierra fue el 6 de noviembre de 2007 y pasó a 64,4 LD, momento en que su magnitud aparente estaba en torno a 14. En este caso se pudieron realizar observaciones los días 1 y 2, el mismo día de su máxima aproximación y los posteriores días 10 y 11, todas ellas con exposiciones de 15 s. En este caso los datos obtenidos también concordaban con las efemérides.

### **29 de enero de 2008. 2007TU24**

Este asteroide es de tipo Apollo y se considera potencialmente peligroso. Se descubrió el 11 de octubre de 2007. Pasó a una distancia de solamente



Figura 5. El asteroide 1620 Geographos el 17 de marzo de 2008, 30 segundos de integración.

1,4 LD de la Tierra. Pudo ser observado el día de máxima aproximación, el 29 de enero de 2008, y durante las dos noches anteriores. Las imágenes que se obtuvieron lo fueron con exposiciones de 60 segundos. La reducción de datos no aportó discrepancias con respecto a las previsiones.

### **17 de marzo de 2008. 1620 Geographos**

Asteroide perteneciente a la familia Apollo y es un NEO potencialmente peligroso (PHA). Se descubrió en 1951. La distancia a la Tierra el día 17 de marzo de 2007 fue de 49 LD, fecha en la que su magnitud aparente fluctuaba en torno a 12. Pudo observarse durante dos noches, la del mismo día 17 y posteriormente el día 20. En ambos casos las mediciones y las previsiones tuvieron muy poca discrepancia. En la figura 5 se muestra una de las imágenes obtenidas.

### **12 de septiembre de 2008. 8567**

El asteroide 8567 es de tipo Amor, con un diámetro estimado de 4 km; fue descubierto en el año 1955. En el momento de mínima distancia a la Tierra, a 51 LD, su magnitud era de 12,4. Las imágenes que se obtuvieron fueron de 15 segundos. También fue observado el 27 de septiembre

y su magnitud prácticamente no había variado, siendo de 12,6 en banda R. De nuevo las mediciones astrométricas tuvieron muy poca discrepancia con la astrometría prevista por las efemérides.

## Conclusiones

Tras el repaso de algunas de las observaciones llevadas a cabo por el grupo de observación de NEOs de la Agrupación Astronómica de Sabadell, cabe resaltar la importancia de contar con una buena información acerca de éstos y otros astros para planificar las observaciones. En este caso es especialmente crítico por producirse inesperados cambios en los cálculos de órbitas que repercuten en las efemérides incluso pocas horas antes de la observación, como fue el caso del asteroide 2007DT103. Por lo demás, los resultados generales han confirmado las efemérides.

## Agradecimientos

Los autores agradecen de manera especial la colaboración de Ricard Casas, de Ester Vigil y de Sílvia Catalán en este proyecto.

## Bibliografía

- Casas, R. (2007): Asteroides. *Astrum*, 197, p 21 (2007).
- Oliver, J.M. et al. XX Convención de observadores. Núm. 14, *Agrupación Astronómica de Sabadell* (2008)
- Puig, X.; Ribell, M. (2008): Los aficionados y la observación de asteroides próximos a la Tierra. *www.astrosabadell.org*, Páginas exclusivas para los socios / Transcripción de conferencias.