

# PERÍODO DE ROTACIÓN DE ASTEROIDES UTILIZANDO EL OBSERVATORIO CARL SAGAN (OCS) DE LA UNISON

*Asteroids' rotation period using carl sagan observatory from UNISON*

EPISTEMUS

ISSN: 2007-8196 (electrónico)

María Eugenia Contreras <sup>1</sup>

Lorenzo Olguín <sup>2</sup>

Pablo Loera González <sup>3</sup>

Julio César Saucedo Morales <sup>4</sup>

Ramona Núñez López <sup>5</sup>

Recibido: 13/05/2021

Aceptado: 11/09/2021

Publicado: 29/09/2021

DOI: <https://doi.org/10.36790/epistemus.v14i29.152>

Autor de Correspondencia:

Dra. María Eugenia Contreras Martínez

Correo : [contreras.maru@gmail.com](mailto:contreras.maru@gmail.com)

## Resumen

Actualmente se conocen más de un millón de asteroides en el Sistema Solar y cada año se descubren miles más. Mientras el número de objetos conocidos aumenta rápidamente, no así el estudio de sus propiedades físicas. En México, un grupo de astrónomos inició en 2015 una campaña nacional de observación y estudio fotométrico de asteroides, donde participa nuestro grupo de la Universidad de Sonora. Como un ejemplo del trabajo que realizamos en el Observatorio Carl Sagan (OCS) presentamos los resultados obtenidos para cinco asteroides: 2746 Hissao, 4404 Enirac, 4371 Fyodorov, 5976 Kalatajean y 9671 Hemera. Actualmente, tanto la producción como la calidad de nuestros datos han mejorado significativamente, lo que ha permitido probar las capacidades y límites instrumentales del OCS. Además, estamos capacitando a estudiantes y maestros de la UNISON como de otras instituciones del país. Así, seguiremos consolidando un grupo que es capaz de aportar información fundamental en esta novedosa área de investigación en México.

**Palabras clave:** asteroides, rotación, cuerpos menores, sistema solar.

## Abstract

*At present, more than a million asteroids are known in the Solar System and every year thousand more are being discovered. While the number of asteroid discoveries increases at a high rate, the study of their physical properties does not. In Mexico, a group of astronomers decided to start in 2015 a national photometry campaign to observe and study asteroids in which our group at the Universidad de Sonora participates. As an example of the kind of studies that our team is carrying out at the Observatorio Carl Sagan (OCS), we present the results obtained for five asteroids: 2746 Hissao, 4404 Enirac, 4371 Fyodorov, 5976 Kalatajean and 9671 Hemera. At present, our production and data quality have improved significantly, which have allow us to prove our instrumental capabilities and limits at the OCS. Besides, we are preparing students and teachers from our university as well as from other national institutions. In this way, we will consolidate a group capable of contributing to the international study of asteroids with fundamental information in this developing area in Mexico.*

**Keywords:** asteroids, rotation, minor bodies, solar system.

<sup>1</sup> Doctora, Departamento de Investigación en Física, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México, [contreras.maru@gmail.com](mailto:contreras.maru@gmail.com)

<sup>2</sup> Doctor, Departamento de Investigación en Física, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México, [lorenzo.olguin@unison.mx](mailto:lorenzo.olguin@unison.mx)

<sup>3</sup> Licenciado en Física, Departamento de Investigación en Física, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México, [pabloloerag@gmail.com](mailto:pabloloerag@gmail.com)

<sup>4</sup> Doctor, Departamento de Investigación en Física, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México, [julio.saucedo@unison.mx](mailto:julio.saucedo@unison.mx)

<sup>5</sup> Doctora, Departamento de Física, Matemáticas e Ingeniería - Unidad Regional Norte, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México, [ramona.nunez@caborca.uson.mx](mailto:ramona.nunez@caborca.uson.mx)



## INTRODUCCIÓN

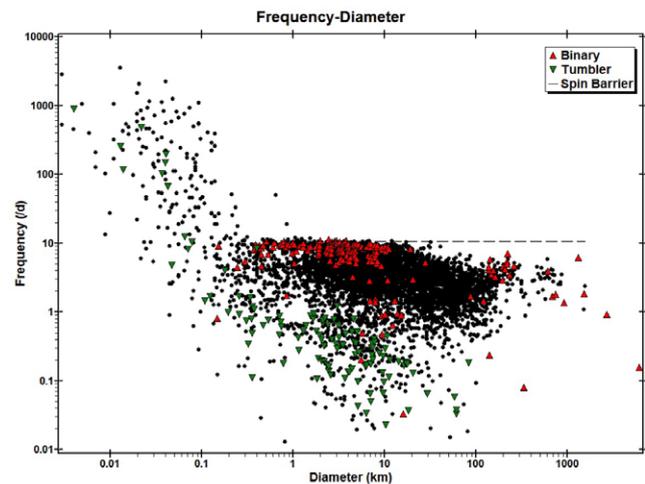
En 1801 Giuseppe Piazzi descubre el primer asteroide que ahora conocemos como Ceres (que en el año 2006 fue reclasificado como Planeta Enano) y en los casi dos siglos siguientes, unos cuantos miles más fueron descubiertos. En la década de 1990 se dio un gran aumento en el descubrimiento de nuevos asteroides, en parte por la mejora en la tecnología de detección de objetos celestes débiles, con magnitudes visuales mayores a 21 ( $V > 21$ ), pero de manera fundamental por la gran cantidad de recursos económicos que el Congreso de los Estados Unidos de América decidiera invertir en la detección de cuerpos del sistema solar que pudieran ser peligrosos para nuestro planeta. Actualmente se conocen más de un millón de asteroides [23] y cada año se descubren miles más.

Entre el gran conjunto de cuerpos menores del sistema solar, donde se incluyen cometas y asteroides, existe un grupo particular que en algún punto de su trayectoria orbital pasan a una distancia menor a 0.3 Unidades Astronómicas (UA) de la Tierra. A los miembros de este grupo se les llama Objetos Cercanos a la Tierra, o NEOs por las siglas en inglés de Near Earth Objects. En particular, a los cometas dentro de este grupo se les designa como Cometas Cercanos a la Tierra (NECs, por las siglas en inglés de Near Earth Comets) y a los asteroides como Asteroides Cercanos a la Tierra (NEAs por las siglas en inglés de Near Earth Asteroids). Hasta el día de hoy se conocen 115 NECs y más de 26,000 NEAs, y siguen descubriéndose un gran número cada año. La tasa de descubrimiento de asteroides es por mucho superior a la del estudio de sus propiedades físicas (tamaño, forma, período de rotación, clasificación taxonómica, etc.), por lo que es necesario invertir mayores esfuerzos en esta dirección.

Algunas propiedades físicas de los asteroides se pueden determinar a partir de sus Curvas de Luz (CL, ver Fig. 1), en particular, el período de rotación sobre su eje. De acuerdo a la Base de Datos de Curvas de Luz Fotométricas de Asteroides (Asteroid Lightcurve Photometry Database, ALCDEF [1]), sólo se conocen períodos confiables de aproximadamente 8,000 asteroides. Los periodos de rotación se relacionan con la cohesión del material que forma al asteroide. En la Figura 1 se muestra la relación entre el periodo



de rotación y el tamaño de los asteroides encontrada por Warner, Harris y Pravec [29]. En esta figura se puede ver que mientras que asteroides que rotan muy rápido, más de diez vueltas completas sobre su eje por día o ciclos/día (frecuencia  $> 10 \text{ día}^{-1}$ ), tienen tamaños menores a aproximadamente 300 metros, los que rotan lentamente (frecuencia  $< 10 \text{ día}^{-1}$ ) tienen diámetros mayores a los 300 metros. Esto indica que el material de un asteroide que gira muy rápidamente tendría que estar fuertemente unido, de lo contrario perdería parte de su material más externo disminuyendo su tamaño. De esta manera, objetos que en el pasado eran rotadores muy rápidos y de gran tamaño, pueden haber perdido parte de su material y dado lugar a asteroides más pequeños que aún giran rápidamente. Actualmente no es posible saber el momento en el que un asteroide va a romperse. De hecho, esta es una de las áreas actuales de investigación donde la determinación de periodos de rotación es fundamental [22, 24, 10].



**Figura 1. Relación Tamaño-Frecuencia de rotación para una muestra de 5000 asteroides. Aquí se puede ver que hay una barrera en frecuencia de rotación para asteroides con tamaños de aproximadamente 300 m.**



Además, si se cuenta con varias curvas de luz, obtenidas desde diferentes ángulos de visión relativos entre el observador y el objeto, es posible inferir la forma tridimensional del objeto [9].

A partir del año 2015, un grupo de astrónomos interesados en estudiar asteroides decidimos poner en marcha la Campaña Mexicana de Fotometría de Asteroides (CMFA [7]) cuyo objetivo principal es el estudiar asteroides, inicialmente aquellos pertenecientes al cinturón principal y en un futuro NEAs. Además, contribuir al conocimiento más detallado de algunos de estos objetos, a observar objetos no estudiados anteriormente y promover la investigación, docencia y divulgación de los objetos menores del Sistema Solar. En especial, existe el interés internacional del estudio de los NEAs debido a la posibilidad de que un NEA pueda colisionar con la Tierra. De hecho, a partir de junio del

2014, los NEAs se han incluido en la legislación mexicana como una posible causa de desastre natural. En particular, la Ley General de Protección Civil en su artículo 2 Fracción XXI sobre fenómenos astronómicos, contempla el impacto de asteroides como una posible causa de perturbación destructiva tanto a la atmósfera como a la superficie terrestre.

En 2016, 2017 y 2018 se llevaron a cabo tres etapas más dentro de la CMFA, donde se aumentó el número de objetos observados y se capacitó a estudiantes e investigadores nacionales en la observación y reducción de datos. La experiencia generada en estas campañas ha contribuido a establecer las características de las observaciones necesarias para generar CL y periodos de rotación confiables. Así, nos encontramos en una etapa de crecimiento en esta área.

En forma paralela a la CMFA, en 2017 iniciamos en la UNISON una campaña local de preparación de estudiantes y académicos interesados en participar en el estudio de asteroides, con la finalidad de consolidar un grupo de trabajo interno. En este trabajo presentamos una muestra de los resultados obtenidos localmente y los planes futuros de nuestro grupo en la Universidad de Sonora.

### observaciones y reducción de datos

**Equipo.** Las observaciones se realizan en el Observatorio Carl Sagan de la Universidad de Sonora (OCS) con un telescopio Meade LX-200GPS con apertura de 0.41m y razón focal  $f/10$  y una cámara CCD Apogee Alta F9000 de  $3000 \times 3000$  pixeles, Fig. 2. Generalmente usamos el CCD en modo de cosumado de  $2 \times 2$  pixeles, lo que nos produce una escala de placa de 1.25 segundos de arco por pixel y un campo de visión útil de aproximadamente  $20 \times 20$  minutos de arco.



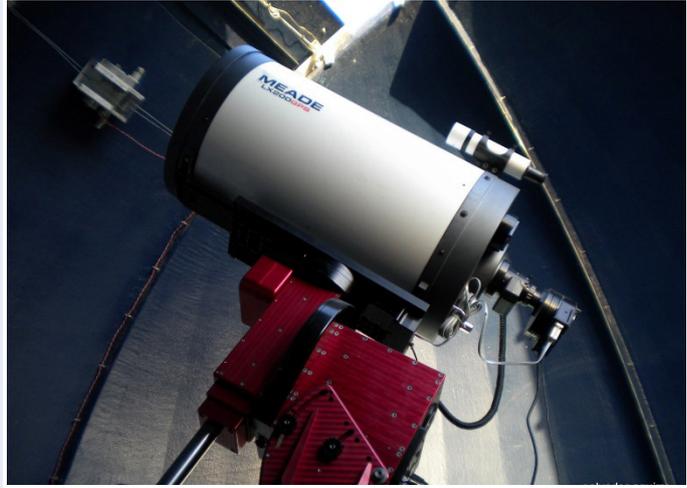


Figura 2. Observatorio Carl Sagan (OCS) de la Universidad de Sonora y Telescopio de 40 cm.

**Procedimiento.** Para obtener las curvas de luz, necesitamos obtener una gran cantidad de imágenes del asteroide de interés y algunas estrellas cercanas a él. El tiempo de exposición con el que se observa un asteroide depende de su brillo. Con nuestro telescopio, tiempos entre 60 y 300 segundos por imagen son típicos para objetos con magnitud  $V < 16$ . La obtención de imágenes se repite durante varias noches cercanas a la fecha de oposición del objeto, es decir, cuando éste se encuentra en el lado opuesto al Sol visto desde la Tierra. De esta manera se obtienen cientos de imágenes que deben ser reducidas y analizadas para generar la curva de luz.

**Reducción.** Para poder obtener la información útil contenida en una imagen astronómica, hay que eliminar, o al menos reducir, las señales espurias que alteran nuestras imágenes. En el argot astronómico este proceso recibe el nombre de reducción e incluye una serie de procedimientos que limpian las imágenes mediante programas especialmente diseñados para ello. Usualmente utilizamos el programa IRAF (Image Reduction and Analysis Facility), que era distribuido gratuitamente por NOAO (National Optical Astronomy Observatories) hasta hace algunos años, o Maxim DL que es un software comercial.

Tabla 1. Resultados derivados a partir de las curvas de luz.

Número/Nombre	Número de Noches	Temp Total (horas)	Periodo (horas)	Amplitud (mag)
2746 Hissao	6	23.7	$3.1848 \pm 0.0015$	0.41
4371 Fyodorov	4	16.7	$4.349 \pm 0.003$	0.12
4404 Enirac	2	9.5	$2.999 \pm 0.001$	0.28
5976 Kalatajean	3	10.5	$4.5544 \pm 0.0002$	0.60
9671 Hemera	2	21.7	$2.532 \pm 0.001$	0.16

### Curvas de luz y periodos

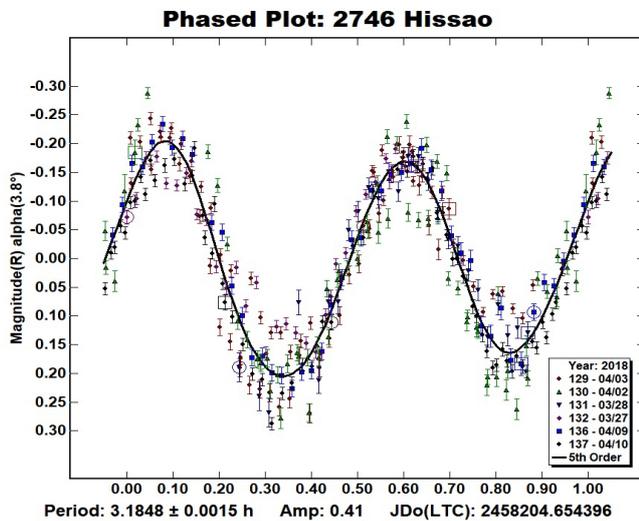
para la obtener la curva de luz y determinar los periodos, utilizamos el paquete de códigos computacionales especializado llamado MPO-Canopus [18] escrito por Brian D. Warner del Minor Planet Observatory (MPO). Este paquete permite procesar una gran cantidad de imágenes tomados en secuencia, para obtener fotometría de apertura tanto de los asteroides como de algunas estrellas cercanas al objeto, y derivar así fotometría relativa. El promedio de las medidas individuales a un tiempo dado y el conjunto de éstas a lo largo del tiempo, permiten derivar la curva de luz que nos dice **cómo varía la luz** reflejada en la superficie del asteroide como función del tiempo. Aunque la forma particular de la curva de luz depende de las características físicas del objeto, la repetición periódica de la misma no se ve afectada en las escalas de tiempo en las que los observamos. El ajuste de la curva de luz con las herramientas de análisis de periodos con técnicas de Fourier nos permite derivar el periodo de rotación del asteroide [28].

Desde el inicio de la CMFA hemos obtenido datos para 35 asteroides utilizando el OCS, y se tiene un total de 50 objetos estudiados utilizando los diferentes telescopios de las instituciones nacionales participantes en la Campaña. Una muestra de curvas de luz obtenidas y los periodos derivados, se muestran en las figuras 2 a 6 y en la tabla de resultados.

### La muestra e información sobre los objetos

La muestra de objetos contemplado para ser estudiados por nuestro grupo, de los cuales seleccionamos cinco como ejemplo para presentar en este trabajo, pertenecen al cinturón principal de asteroides y fueron tomados de la base de datos de la Collaborative Asteroid Lightcurve Link, CALL [6]. A continuación, presentamos un breve resumen de la información general que conocemos de los cinco objetos, así como su curva de luz, obtenida en base a observaciones realizadas por miembros de nuestro grupo, y el periodo de rotación estimado a partir de ésta.

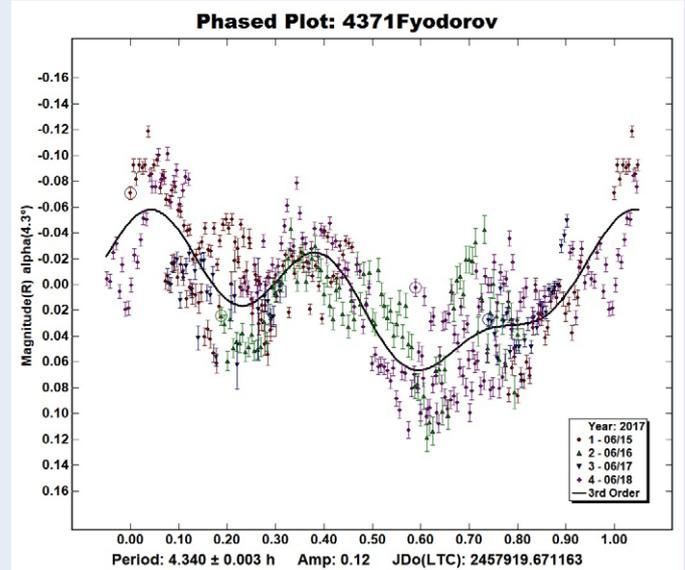
**2746 Hissao.** Asteroide del cinturón principal, descubierto el 22 de septiembre de 1979 por N.S. Chernykh en el Observatorio Astronómico de Crimea Nauchnyj. Tiene una magnitud absoluta  $H=13.2$ , un albedo de 0.24 y un tamaño estimado de  $5.3 \pm 1.37$  km reportados en 2016 [15, 20]. El periodo de rotación fue reportado en el 2019 por Zeigler et al. [30], con un valor de  $3.18 \pm 0.01$  h. En base a observaciones realizadas en el OCS durante el 2018 (27 y 28 de marzo y 2, 3, 9 y 10 de abril) nuestro grupo reportó en el 2019 [13] un periodo de  $3.1848 \pm 0.0015$  h, Figura 3. Ambos valores son muy similares, lo cual hace que sea un valor confiable y más preciso que el reportado por Zeigler et al. [30], dados los errores pequeños en nuestros datos.



**Figura 3. Curva de luz del objeto 2746 Hissao 4371 Fyodorov.**

Pertenece al cinturón principal y fue descubierto el 10 de abril de 1983 por la astrónoma soviética Liudmila Chernykh desde el Observatorio Astrofísico de Crimea. Fue designado provisionalmente como 1983 GC2, para después ser nombrado Fyodorov en honor al oftalmólogo,

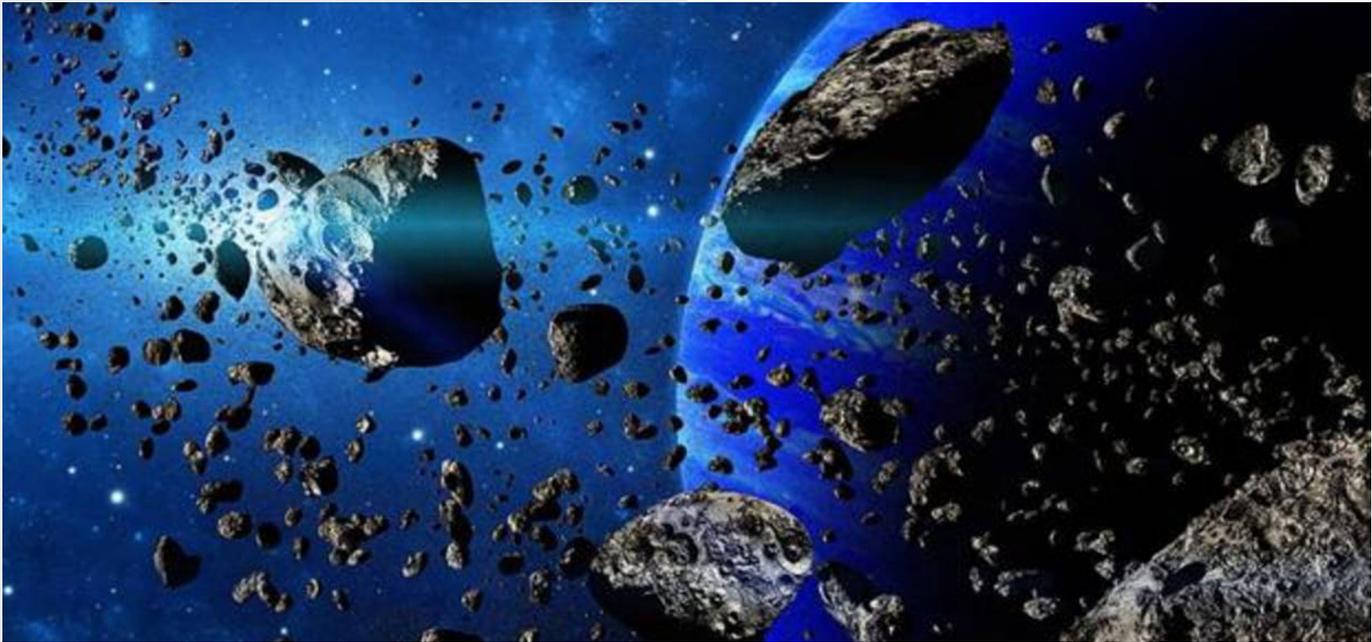
profesor y político moscovita Svyatoslav Nikolayevich Fyodorov, pionero de la cirugía refractiva. Tiene una magnitud absoluta  $H = 13.2$ , un albedo de 0.327 y un tamaño estimado de 5.629 km [17]. No existen estimaciones previas del periodo de rotación. Nuestras observaciones obtenidas durante cuatro noches (15-18 de junio del 2017) indican un periodo de  $4.340 \pm 0.003$  h con una amplitud de 0.12 mag, ver Figura 4.



**Figura 4. Curva de luz para el asteroide 4371 Fyodorov.**

**4404 Enirac.** Objeto del cinturón principal. Fue descubierto el 2 de abril de 1987 por Alain Maury desde el Observatorio Palomar en California, EE.UU. Nombrado así en honor a la esposa de su descubridor, Carine, aunque deletreado al revés para evitar confusión con el asteroide 491 Carina [25]. Es un asteroide tipo S [29] con una magnitud absoluta  $H=12.9$ , un albedo de 0.239 y un tamaño estimado de 6.233 km [14,15]. En la literatura, el periodo de rotación ha sido reportado en cinco ocasiones: Klingle-





smith et al. (2014) [12] obtuvieron un periodo de rotación de  $2.998 \pm 0.002$  h. En 2017, Hayes-Gerhke et al. en base a cuatro noches de observación mejoran el valor reportado del periodo de rotación, encontrando un valor de  $2.9979 \pm 0.0003$  h y una amplitud de 0.27 mag [11]. El mismo año, Behrend (2017) reporta un periodo de  $2.9983 \pm 0.0002$  h [3]. Más recientemente, Mas et al. (2018) y Benishek (2018) reportan un valor de  $2.997 \pm 0.001$  h, con una amplitud de 0.26 mag, y  $2.9978 \pm 0.0002$  h, con una amplitud de 0.27 mag, respectivamente [16,4]. Nuestras observaciones, obtenidas durante dos noches de observación (12 y 16 abril 2017), indican un periodo de  $2.999 \pm 0.0072$  h y una amplitud de 0.28 mag (Figura 5). A pesar de que nuestra medición tiene un error mayor que el resto, el período obtenido está de acuerdo con los reportados anteriormente.

**5976 Kalatajean.** Objeto del cinturón principal. Descubierto el 25 de septiembre de 1992 en el Observatorio Oak Ridge de Harvard. Nombrado en honor de Jean Marie Kalata, una analista social en la oficina de estudios institucionales de la Smithsonian Institution. Este objeto tiene 3 valores reportados de su magnitud absoluta  $H=12.3$  [2],  $H=12.0$  [16] y  $H=12.25$  [22]. Todos estos valores son consistentes dentro del error. Posee un albedo de 0.226 y un tamaño estimado de 11.137 km [15]. El valor reportado para el periodo es de  $4.55362 \pm 0.00006$  h con una amplitud de 0.59 mag [21]. Este objeto fue observado por nuestro grupo durante 3 noches en mayo del 2017. En base a estos datos el periodo de rotación obtenido fue de  $4.5544 \pm 0.0002$  h con una amplitud de 0.6 mag, ver Figura 6. Estas determinaciones son consistentes, dentro del error, con los parámetros reportados por Owings (2018) [21].

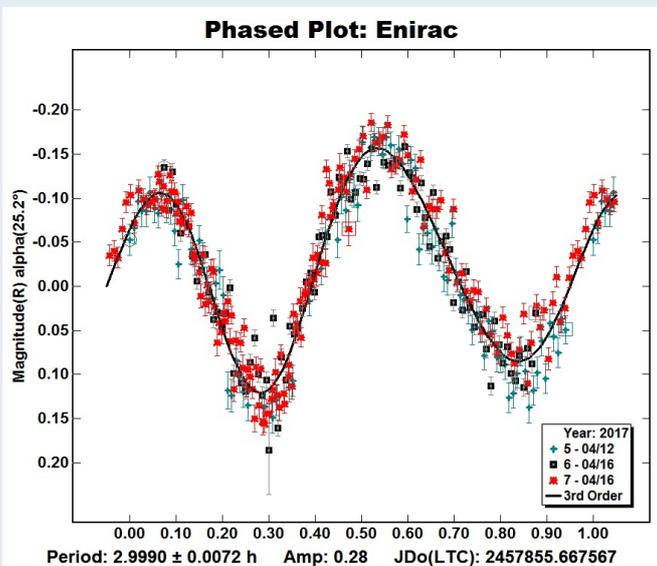


Figura 5. Curva de luz para 4404 Enirac.



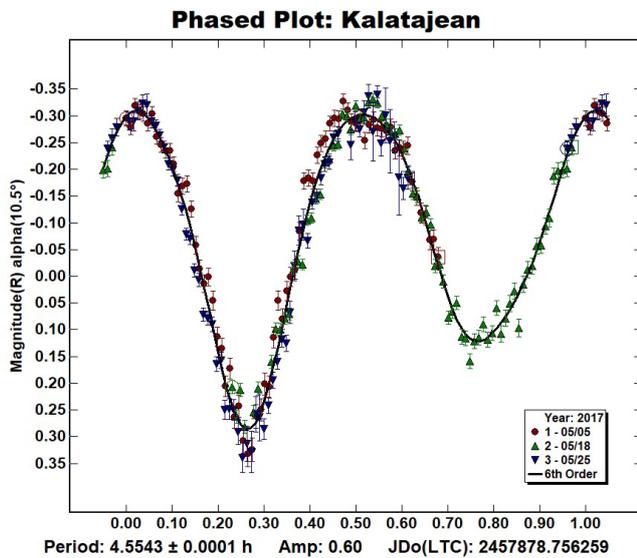


Figura 6. Curva de luz para 5976 Kalatajean.

**9671 Hemera.** Asteroide que cruza la órbita de Marte. Fue descubierto el 5 de octubre de 1997 por L. Sarounova en el pueblo de Ondrejov, República Checa. Recibe su nombre de la diosa griega del día brillante, hija de Nix, la diosa de la noche, y **Érebus**, el dios de la obscuridad. Hemera significa día en griego. Tiene una magnitud absoluta  $H=14.09$  [4] pero no tiene ningún valor de albedo ni tamaño reportados. En cuanto al periodo, existen siete estimaciones previas: Salvaggio, Marchini y Papini (2017) [23] y Brincat (2017) [5] determinan un valor de  $2.532 \pm 0.001$  h con amplitudes de 0.16 mag y 0.17 mag respectivamente. Mas et al. (2018) [3] y Aznar Macias (2018) [2] reportan  $2.531 \pm 0.001$  h y  $2.534 \pm 0.002$  h con amplitudes de 0.15 mag y 0.12 mag respectivamente. Por otro lado, Ditteon y Young (2018) [8] reportan  $2.5318 \pm 0.0004$  h con una amplitud de 0.14 mag y Skiff (2017) [26] reporta dos valores  $2.53143 \pm 0.00035$  h y  $2.53144 \pm 0.00013$  h con amplitudes

de 0.17 mag en ambos casos.

Estas estimaciones del período son claramente consistentes entre sí. En particular, tanto Brincat [5] como Salvaggio y colaboradores [23] han sugerido que Hemera pudiera ser un asteroide binario pues su curva de luz muestra un comportamiento bimodal. Sin embargo, proponen realizar más observaciones para verificar esta posibilidad. En nuestro caso, el periodo encontrado para Hemera con observaciones realizadas en el OCS durante dos noches (2 y 3 de abril del 2017) fue de  $2.532 \pm 0.001$  h con amplitud de 0.16 mag, el cual también es consistente con los valores mencionados. En primera instancia, nuestras observaciones no muestran evidencia de un sistema binario, ya que en éstos comúnmente la dispersión de los puntos de la curva de luz es mayor a la esperada como consecuencia de los errores observacionales. Adicionalmente, el análisis de Fourier de los residuos, después de substrair el periodo principal obtenido, no muestra un comportamiento periódico atribuible a una segunda componente.

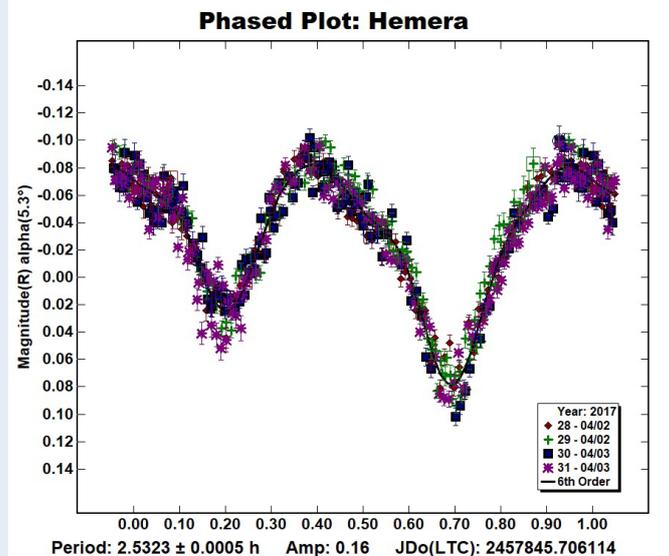


Figura 7. Curva de luz para 9671 Hemera.

## CONCLUSIONES

En este trabajo presentamos las curvas de luz y periodos de rotación de cinco asteroides, como una pequeña muestra del total de objetos que han sido estudiados con datos obtenidos en el Observatorio Carl Sagan (OCS) de la UNISON. Las curvas de luz presentadas cubren variaciones en brillo de los objetos entre 0.12 y 0.60 magnitudes, lo que nos permitió evaluar las posibilidades y límites instrumentales que nuestro grupo puede conseguir con el equipo con el que se cuenta. Dada la apertura de nuestro telescopio actual, la limitada eficiencia de nuestro detector y la calidad del cielo, podemos producir datos de excelente calidad para objetos con  $V < 15$  y con variación de brillo mayores a 0.1 mag.



La calidad del cielo no es posible mejorarla, es muy razonable pensar que un futuro no muy lejano tendremos que reubicar nuestro observatorio en un lugar más alejado de la ciudad para evitar la contaminación lumínica. Además, esperamos instalar un telescopio de mayor apertura ( $D = 0.50$  m), así como otros telescopios de menor apertura para tener mayor campo de visión, que nos permitan observar más de un objeto de manera simultánea. Esto incrementaría de manera sustancial la cantidad y calidad de los datos que podemos generar.

A pesar del poco tiempo de haber iniciado, el grupo de trabajo de la Universidad de Sonora ha sido capaz de implementar y dominar las técnicas de estudio fotométrico de asteroides, ha contribuido a la Campaña Mexicana de Fotometría de Asteroides desde el 2015 aportando datos observacionales para más de 40 objetos y de manera independiente, ha observado y analizado información para 20 objetos más. Al realizar una búsqueda en la *Base de Datos de Curvas de Luz ALCDEF* y la literatura en general, en este periodo se han reportado datos completamente nuevos sobre los periodos de rotación de aproximadamente 30 objetos. Hasta ahora la mayoría de nuestros objetos han sido asteroides pertenecientes al cinturón principal, pero en el futuro cercano esperamos ser capaces de observar NEAs.

Por otro lado, el ritmo de producción de nuestros datos ha aumentado, al grado de que el número de noches se ha incrementado de 4 en 2015 a 66 en 2018. Así mismo, la calidad de nuestros datos ha mejorado, a medida que nuestros métodos de observación y el manejo de las técnicas de reducción de imágenes se mejoran y se hace un análisis más detallado de los resultados fotométricos obtenidos.

La producción de una gran cantidad de datos implica una mayor cantidad de tiempo para su procesado. Por esta razón, es necesaria la elaboración de un sistema automatizado que permita la reducción de datos de una manera eficiente. Para ello se requiere la escritura de códigos que permitan acelerar el proceso de reducción de datos, y para ello se piensa en la participación muy importante de estudiantes con conocimientos en programación de computadoras. Además, para poder acrecentar la rapidez con que se lleva a cabo este proceso, estamos capacitando a estudiantes y maestros, tanto en la UNISON como en otras instituciones del país. Esto nos permitirá consolidar un grupo que sea capaz de aportar información fundamental en esta novedosa **área de investigación** en México.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] ALCDEF: [https://minplanobs.org/alcdef/php/alcdef\\_aboutLightcurves.html](https://minplanobs.org/alcdef/php/alcdef_aboutLightcurves.html)
- [2] Aznar Macias, A., Cornea, R. & Suciú, O., 2018, *Minor Planet Bull.*, 45, 92-96
- [3] Behrend, R., 2017, Observatoire de Geneve, website: [http://obswww.unige.ch/~behrend/page\\_cou.html](http://obswww.unige.ch/~behrend/page_cou.html)
- [4] Benishek, V., 2018, *Minor Planet Bull.*, 2018, 45, 82-91
- [5] Brincat S.A., 2017, *Minor Planet Bull.*, 44, 199-200
- [6] CALL website [http://www.minorplanet.info/PHP/call\\_OpplCDBQuery.php](http://www.minorplanet.info/PHP/call_OpplCDBQuery.php)

- [7] CMFA: <http://www.astro.uson.mx/~cmfa/CMFA/CMFA/> NOTA: Debido a la pandemia por COVID19 esta página estará disponible hasta el final del 2021.
- [8] Ditteon, R. & Young, J., 2018, *Minor Planet Bull.*, 45, 117-119
- [9] Durech, J., Sidorin, V. & Kaasalainen, M., 2010, *A&A*, 513, 46
- [10] Flynn, G.J. & Durda, D.D., 2019, 50th Lunar and Planetary Science Conference 18-22 March at Woodlands, Texas. LPI Contribution No. 2132, id. 1400.
- [11] Hayes-Gehrke, M., Caffes, R., Gibson, A., Honer, A., Hunter, R., Paul, T., Quimby, C., Riffe, T., Roberts, M., Schemmel, J., Unaegbu, U. & Wilton, Z., 2017, *Minor Planet Bull.*, 44, 309
- [12] Klinglesmith III, D.A., Hanowell, J., Turk, J., Vargas, A. & Warren, C. A., 2014, *Minor Planet Bull.* 41, 15-16
- [13] Loera-González, P., Olgúin, L., Saucedo, J.C., Núñez-López, R. & Yahia-Keith, N.A., 2019, *Minor Planet Bull.*, 46, 97-98
- [14] Mainzer, A., Grav, T., Masiero, J., Hand, E., Bauer, J., Tholen, D., McMillan, R.S., Spahr, T., Cutri, R.M., Wright, E., Watkins, J., Mo, W. & Maleszewski, C., 2011, *ApJ*, 741, 90
- [15] Mainzer, A.K., Bauer, J.M., Cutri, R.M., Grav, T., Kramer, E.A., Masiero, J.R., Nugent, C.R., Sonnett, S.M., Stevenson, R.A. & Wright, E.L., 2016, *PDSS (NASA Planetary Data System)*, 247
- [16] Mas, V., Fornas, G., Lozano, J., Rodrigo, O., Fornas, A., Carreño, A., Arce, E., Brines, P., Herrero, D., 2018, *Minor Planet Bull.*, 45, No.1, 76-82
- [17] Masiero, J.R., Mainzer, A.K., Gray, T., Bauer, J.M., Cutri, R.M., Dailey, J., Eisenhardt, P.R., McMillan, R.S., Spahr, T.B., Skrutskie, M.F., Tholen, D., Walker, R.G., Wright, E.L., DeBaun, E., Elsbury, D., Gautier IV, T., Gomillion, S. & Wilkins, A., 2011, *ApJ*, 741, 68
- [18] MPO Canopus: <http://www.minorplanetobserver.com/MPOSoftware/MPOCanopus.htm>
- [19] NASA Science: Solar System Exploration: <https://solarsystem.nasa.gov/asteroids-comets-and-meteors/asteroids/overview>
- [20] Nugent, C.R., Mainzer, A., Bauer, J., Cutri, R.M., Kramer, E.A., Grav, T., Masiero, J., Sonnett, S. & Wright, E.L., 2016, *AJ*, 152, 63
- [21] Owings, L. E., 2018, *Minor Planet Bull.*, 45, 227-231
- [22] Pravec, P. & Harris, A.W., 2000, *Icarus*, 148, 12-20.
- [23] Salvaggio, F., Marchini, A. & Papini, R., 2018, *Minor Planet Bull.*, 44, 248-249.
- [24] Sánchez, P. & Scheeres, D.J., 2014, *Meteoritics & Planetary Science*, 49-5, 788-811.
- [25] Schmadel, L.D., 2003, *Dictionary of Minor Planets Names*, 5th edition, Springer-Verlag
- [26] Skiff, B.A 2017, Posting on CALL website <http://www.minorplanet.info/call.html>
- [27] Veres, P., Jedicke, R., Fitzsimmons, A., Denneau, L., Granvik, M., Bolin, B., Chastel, S., Wainscoat, R.J., Burgett, W.S., Chambers, K.C., Flewelling, H., Kaiser, N., Magnier, E.A., Morgan, J.S., Price, P.A., Tonry, J.L. & Waters, C., 2015, *Icarus*, 261, 34-47
- [28] Warner, B.D., "A Practical Guide to Lightcurve Photometry and Analysis", Ed. Springer, 2006.
- [29] Warner, B.D., Harris, A.W. & Pravec, P., 2009, *Icarus*, 202, 134-146
- [30] Zeigler, K., Barnhart, T., Moser, A. & Duval, N., 2019, *Minor Planet Bull.*, 46, 11-12

## Cómo citar este artículo:

Contreras Martínez, M. E., Olgúin, L., Loera González, P., Saucedo Morales, J. C., & Núñez López, R. (2021). Período de rotación de asteroides utilizando el observatorio Carl Sagan (ocs) de la UNISON. *EPISTEMUS*, 14(29). <https://doi.org/10.36790/epistemus.v14i29.152>