



Fotometría DSLR de estrellas variables: Una experiencia didáctica con SX Phe

S.V. Blas¹, G.J. Caselli¹ & C.M. Silva^{1,2}

¹ *Departamento de Física, Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, FCEIA-UNR, Argentina*

² *Taller de Investigación en Didáctica de las Ciencias y la Tecnología, EFB-FCEIA-UNR, Argentina*

Contacto / csilva@fceia.unr.edu.ar

Resumen / En este trabajo presentamos una experiencia didáctica sobre la medición fotométrica y la determinación de la curva de luz de la estrella variable SX Phe, en el contexto del espacio curricular Física Experimental V de la Licenciatura en Física de la UNR. El equipamiento utilizado es una cámara DSLR comercial, con una lente de 100 mm f/2.0 y una montura con seguimiento azimutal, de presupuesto relativamente bajo. Los estudiantes pasaron por una etapa de preparación en la que aprendieron los fundamentos de la observación astronómica, de la captura de imágenes científicas y tomas de calibración, así como de la técnica de fotometría diferencial. Luego, en el trabajo de campo, planificaron y realizaron las observaciones de SX Phe. Finalmente, llevaron adelante la reducción de imágenes y fotometría diferencial con los programas SIRIL y ASTROIMAGEJ, y el análisis de las curvas de luz obtenidas calculando el periodograma Lomb-Scargle en PYTHON. Dado el interés que presenta la astronomía en estudiantes de carreras de ciencias exactas en todas las universidades, este trabajo puede adaptarse a otros espacios curriculares del ciclo básico, acotando el trabajo a la observación o al análisis de datos, dependiendo de los objetivos que se planteen en cada curso.

Abstract / In this work, we present a didactic experience on photometric measurement and determination of the light curve of the variable star SX Phe, in the context of the course Experimental Physics 5 of the Physics career of the UNR. The equipment used was a commercial DSLR reflex camera, with a 100 mm f/2.0 lens and an altazimuth mount with GoTo, of a relatively low cost budget. The students underwent a training stage in which they learned the fundamentals of astronomical observation, the capture of scientific images and calibration shots, as well as the differential photometry technique. Then, in the field work, they planned and made the observations of SX Phe. Finally, they carried out the reduction of images and differential photometry using the software SIRIL and ASTROIMAGEJ, and the analysis of the light curves obtained with the Lomb-Scargle periodogram using PYTHON. Given the interest that astronomy presents in students of sciences everywhere, this work can be adapted to basic courses of the Bachelor Degree, adjusting the objectives to those of each course.

Keywords / education — techniques: photometric — stars: variables: general

1. Introducción

Existe un consenso hoy en día acerca de que enseñar ciencias en el siglo XXI debe significar que los estudiantes se involucren en los procesos de construcción de la ciencia, experimentando y construyendo sus propios modelos científicos escolares (Adúriz-Bravo & Izquierdo-Aymerich, 2009). Si esto es cierto en las ciencias que por su carácter curricular tienen mayor presencia en el sistema educativo de nuestro país, lo es más en la astronomía, que es una ciencia integradora de saberes, que constituye una potente herramienta para adquirir aprendizajes significativos (Ganguí et al., 2007) y que despierta vocaciones científicas en los estudiantes desde los primeros niveles educativos.

En la Licenciatura en Física de la Universidad Nacional de Rosario, habiendo detectado el interés de los estudiantes por la astronomía y astrofísica hemos incurrido en experiencias didácticas en espacios curriculares del ciclo básico, desde la perspectiva de la naturaleza de la ciencia (NdC), trabajando principalmente con datos observacionales y simulaciones computacionales (Navone et al., 2011; Blesio et al., 2016). En este

trabajo nos propusimos explorar la dimensión observacional, proponiéndole a un grupo de estudiantes realizar un trabajo de investigación sobre fotometría de estrellas variables. El trabajo consiste en la determinación de la curva de luz de una estrella variable utilizando equipamiento que consideramos de bajo costo, accesible para una institución educativa universitaria.

2. Desarrollo de la experiencia

La experiencia que presentamos en este trabajo, se ha llevado adelante con estudiantes avanzados de Licenciatura en Física, en el espacio curricular Física Experimental V (cuatrimestral). Los estudiantes trabajan, de manera individual o grupal en diferentes laboratorios de investigación, normalmente relacionados con el área de física de materiales, por lo que esta es la primera oportunidad en que un grupo de la carrera realiza un trabajo en el campo de la astrofísica observacional. Por las características del espacio curricular, los estudiantes deben llevar adelante una investigación tomando las decisiones de manera autónoma. No hay clases magis-

trales, por lo que el rol del docente es meramente de orientador. Brinda material, dialoga con el grupo para ayudarlo a definir un objetivo y encauzar la investigación, proporciona instrucción y soporte sobre el uso del equipamiento disponible y pone a consideración del grupo ideas para ayudar a que la investigación avance en los plazos preestablecidos.

La propuesta llevada a cabo estaba pensada para desarrollarse en un cuatrimestre. Teniendo en cuenta que los estudiantes nunca habían realizado observaciones astronómicas y tenían conocimientos previos muy elementales, el cronograma previsto para el trabajo de los estudiantes fue dividido en 4 etapas:

- Documentación (4 semanas): Lectura de Bibliografía sobre estrellas variables y sobre fotometría, familiarización con diferentes instrumentos: monturas, cámaras y telescopios. Primeras capturas. Introducción al procesamiento digital de imágenes astronómicas con fines científicos, formato FITS, relación señal-ruido, tomas de calibración. Uso de diferentes programas.
- Planificación (2 semanas): Elección de una estrella variable a estudiar. Documentación sobre dicha estrella. Planificación de observaciones para la obtención de una curva de luz significativa.
- Observación (6 semanas): Realización de observaciones y reducción de datos. Realización de fotometría y determinación de curva de luz. Análisis y comparación con la bibliografía.
- Comunicación (3 semanas): Elaboración de un informe científico sobre lo trabajado.

Luego de documentarse, aprender a manejar los instrumentos disponibles y hacer algunas pruebas fotométricas con diferentes estrellas, los estudiantes buscaron información sobre tipos de estrellas variables y estudiaron diferentes ejemplos a partir de los datos proporcionados por la aplicación web VARIABLE STAR INDEX (VSX) provista por la American Association of Variable Star Observers (AAVSO; Watson et al., 2006). Finalmente, decidieron estudiar el comportamiento de SX Phe, una estrella variable pulsante que se caracteriza por su corto período fundamental y su relativamente gran amplitud de variación.

2.1. Equipamiento

Las observaciones se hicieron en el Observatorio Astronómico del Instituto Politécnico Superior “Gral. San Martín” de la Universidad Nacional de Rosario, un edificio en una zona con abundante contaminación lumínica.

Dado que la montura ecuatorial disponible no tenía sistema de apuntamiento automático y la estrella elegida era difícil de hallar en el cielo urbano, los estudiantes escogieron una montura azimutal Celestron AstroFi que sí estaba provista de dicho sistema y la podían controlar de forma remota desde su propio teléfono celular. Para la captura de imágenes se utilizó una cámara DSLR Canon EOS Rebel t5i, conectada via USB a una computadora con sistema operativo GNU/LINUX. La captura de imágenes se realizó con el programa ENTANGLE. Los parámetros de ganancia y ruido del sensor, así como la curva de linealidad de la cámara, fueron medidos por la

cátedra previamente a este trabajo y fueron informados a los estudiantes. Se comprobó que el sensor pierde linealidad a las 15300 ADU y que para una amplificación de ISO 200 se obtiene una ganancia de $1.17 e^-/ADU$, la más cercana a la unidad.

Para llevar adelante la fotometría diferencial se utilizaron las cartas provistas por la AAVSO. Las estrellas de comparación provistas se hallaban en un campo relativamente amplio, por lo que los estudiantes optaron, para realizar las imágenes, por utilizar un lente fija de 100 mm con una relación focal de f/2.8.

Queremos destacar que el total del equipamiento utilizado es característico del de un aficionado y por lo tanto consideramos que está al alcance de cualquier institución educativa, al menos en el nivel universitario.

2.2. Observaciones y análisis

Los estudiantes llevaron adelante el trabajo de campo en tres noches de observación. Al observar en una zona urbana, era fundamental mejorar la relación señal-ruido de las imágenes. Por ello, tomaron las imágenes científicas secuencialmente en grupos de a 5, todas con un tiempo de exposición de 8 s a ISO 200. La intención era que cada grupo de 5 imágenes se reducirían y apilarían por separado, constituyendo así una medición única. Además, en cada noche realizaron tomas de calibración *dark*, *bias* y *flat*. Entre dos grupos de imágenes esperaban aproximadamente tres minutos.

La primera sesión de observaciones sirvió como un entrenamiento para los estudiantes, que les permitió planificar la segunda sesión de la forma ya descrita. Esta segunda sesión duró 3 horas, entre las 00:30 UT y las 03:30 UT del 31 de octubre de 2019. La tercera noche de observación tuvo que ser interrumpida por las condiciones climáticas.

En encuentros posteriores, realizaron la reducción de imágenes con el programa SIRIL. Para la fotometría de apertura utilizaron ASTROIMAGEJ. Este programa proporciona las incertezas utilizando la conocida ecuación de la CCD (Collins et al., 2017). Este punto es de especial mención ya que a pesar de usar una cámara DSLR, consideramos que es posible, realizando las mediciones apropiadas de linealidad, ruido y ganancia, tratarla como una CCD tradicional. Siguiendo la recomendación de AAVSO (Kloppenborg, 2015), la fotometría se realizó únicamente en el canal verde (filtro TG), dado que su respuesta espectral es similar a la del filtro V de Johnson.

En la Fig. 1 puede verse la curva de luz que obtuvieron para SX Phe en la segunda noche de observación. Los valores de magnitud máxima y mínima no presentan discrepancia con los observados por otros autores (Landes et al., 2007), lo cual muestra que la aproximación entre el filtro TG y el V de Johnson es apropiada para el índice de color de esta estrella. Sin embargo, como SX Phe presenta un batido en su amplitud, si quisiéramos hacer una comparación más precisa con la literatura necesitaríamos realizar las transformaciones al sistema estándar con un método como el presentado por Park et al. (2016).

El siguiente paso de la investigación realizada por los

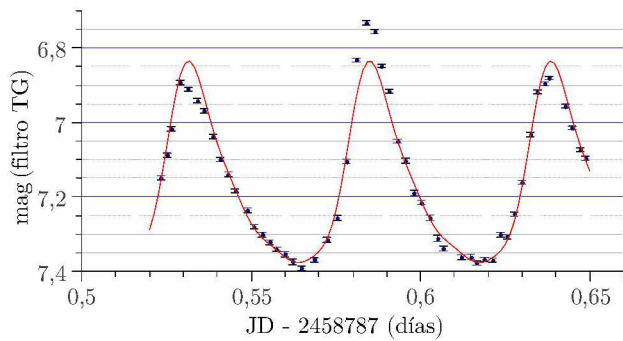


Figura 1: Curva de luz del 30 de octubre con el correspondiente ajuste realizado a partir de un modelo de superposición de armónicos.

estudiantes fue analizar las observaciones y obtener un modelo de ajuste para describir la evolución en el tiempo de la estrella. Para ello, realizaron el periodograma de la Fig. 2 con el método de Lomb–Scargle utilizando el paquete GATSPY de PYTHON (VanderPlas & Ivezić, 2015).

A partir de los datos obtenidos del periodograma, realizaron un modelo de ajuste como suma de armónicos, que se encuentra representado en trazo continuo en la Fig. 1. Además, pudieron estimar el período fundamental de SX Phe en $P_0 = (0.055 \pm 0.012)$ días. Este valor comprende en su rango a los dos valores obtenidos por otros autores del modo principal de $P_0 = 0.05496$ días y el primer sobretono de $P_1 = 0.04277$ días (Coates et al., 1982; Landes et al., 2007).

Finalmente, podemos decir que en esta experiencia los estudiantes pudieron observar el comportamiento de la estrella, caracterizarla como una variable pulsante y determinar el período del modo principal sin discrepancias significativas con los resultados de la literatura.

3. Conclusiones y perspectivas

En este trabajo se presentó una experiencia didáctica con un grupo de estudiantes avanzados de Licenciatura en Física, quienes realizaron una investigación para obtener la curva de luz de la estrella variable SX Phe, lo que les permitió caracterizarla como una variable pulsante. Los resultados que obtuvieron fueron coincidentes con la literatura. Además obtuvieron un modelo de la oscilación de la estrella como superposición de armónicos. Consideramos que esta experiencia tiene un alto valor formativo porque, aun habiendo realizado las observaciones desde una zona urbana y con un equipamiento modesto, los estudiantes pudieron diseñar y llevar adelante una secuencia investigativa propia e involucrarse en el proceso de modelización empírica de un fenómeno astronómico.

En el periodograma obtenido se observa una gran dispersión en el pico fundamental que genera una incerteza considerable en la determinación del período. Creemos que en próximas experiencias los estudiantes deberían profundizar en el funcionamiento del algoritmo

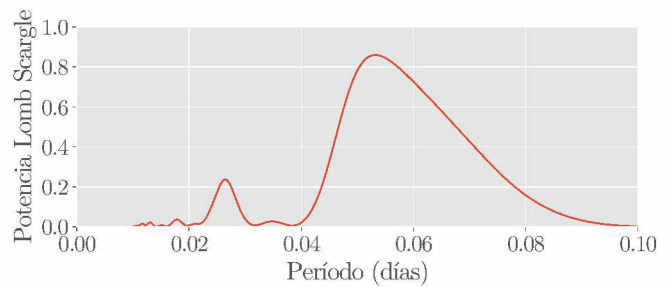


Figura 2: Periodograma obtenido a partir de las observaciones del 30 de octubre de 2019 con el algoritmo de Lomb–Scargle usando el paquete GATSPY en PYTHON.

mo de Lomb–Scargle, y analizar cómo se vería el periodograma aumentando el número de observaciones, para así poder pensar en la forma de reducir dicha incerteza.

Esta experiencia, o parte de ella, puede adaptarse a otros espacios curriculares de carreras científicas y a otros niveles educativos, por el bajo costo del equipo utilizado. A tal fin, deben considerarse los objetivos del curso en los que se propongan estas actividades.

Por ejemplo, en un curso básico, realizar fotometría DSLR de algunas estrellas de fácil localización, aun no realizando una curva de luz, permitiría discutir qué significa medir en astronomía, pensar a la cámara como un instrumento de medición y discutir factores que afectan a la medición. Esta sería una oportunidad para introducir la contaminación lumínica como una problemática científica, cultural y ambiental. Por otro lado, el análisis de las curvas de luz como una superposición de diferentes armónicos puede ser parte de un curso en el que se aborde a la ciencia de datos como un campo interdisciplinar, aprovechando el carácter integrador de saberes de la astronomía.

Agradecimientos: Agradecemos al Departamento de Extensión Científica y Tecnológica del IPS-UNR por permitirnos utilizar las instalaciones de su Observatorio Astronómico y a la cátedra de Física Experimental V (FCEIA-UNR) por permitirnos llevar adelante esta experiencia.

Referencias

- Adúriz-Bravo A., Izquierdo-Aymerich M., 2009, REIEC, 4
- Blesio G.G., et al., 2016, Pub. FCEIA: 95 aniversario, 1, 25
- Coates D.W., Halprin L., Thompson K., 1982, MNRAS, 199, 135
- Collins K.A., et al., 2017, AJ, 153, 77
- Gangui A., Iglesias M., Quinteros C.P., 2007, BAAA, 50
- Kloppenborg B. (Ed.), 2015, *Manual de Observación DSLR de AAVSO*, 1.1 ed., AAVSO, Cambridge, Massachusetts
- Landes H., et al., 2007, PASA, 24, 41
- Navone H.D., Scancich M., Vázquez R.A., 2011, RELEA, 11, 81
- Park W., et al., 2016, Adv. Space Res., 57, 509
- VanderPlas J.T., Ivezić Z., 2015, ApJ, 812, 18
- Watson C.L., Henden A.A., Price A., 2006, SAS Annual Symposium, 25, 47