

# ACTIVIDADES DE OBSERVACIÓN ASTRONÓMICA EN LA FORMACIÓN DE PROFESORES

## ASTRONOMIC OBSERVATION ACTIVITIES IN TEACHER TRAINING

Juan Espinoza González\*

### Resumen

En este trabajo se presenta una serie de actividades de observación astronómica en el marco de la asignatura teórico-práctica Telescopios y Astronomía Instrumental, perteneciente a la mención Educación en Astronomía, dictada por el Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación.

Las actividades se desarrollan sobre la base del modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación y cubren gran parte de los fenómenos astronómicos con posibilidades de ser aplicados a nivel escolar. Se presentan algunos ejemplos de las actividades de observación y registro desarrolladas por los estudiantes en la asignatura.

**Palabras Clave:** Telescopios, Instrumentación en Astronomía, Astrofotografía, Proyectos de observación, Modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación.

### Abstract

This paper presents a series of astronomical observation activities within the framework of the theoretical-practical subject Telescopes and Instrumental Astronomy, belonging to the mention Education in Astronomy, dictated by the Department of Physics of the Faculty of Basic Sciences of the Metropolitan University of Education Sciences.

The activities are developed on the basis of the teaching-learning model as research and cover a large part of the astronomical phenomena with possibilities of being applied at the school level. Some examples of the observation and registration activities developed by the students in the subject are presented.

**Keywords:** Telescopes, Instrumentation in Astronomy, Astrophotography, Observation projects, Teaching-learning model as investigation.

---

\* Profesor (R) Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, Facultad de Ciencias Básicas.  
[juan.espinoza@umce.cl](mailto:juan.espinoza@umce.cl)

## Introducción

En este trabajo se presentan algunos aspectos del diseño curricular de la asignatura Telescopios y Astronomía Instrumental, perteneciente a la mención Educación en Astronomía del Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación. Esta asignatura, de un carácter teórico-práctico, tiene el propósito de introducir a los estudiantes en las técnicas que permiten observar y registrar planetas, estrellas y otros objetos y fenómenos celestes, enfatizando las bases ópticas del funcionamiento de telescopios e instrumentos para astrofotografía.

El autor de este trabajo dictó la asignatura Telescopios y Astronomía Instrumental desde el año 2008 hasta el 2018 en la que, en total, participaron unos 150 estudiantes en que practicaban esas técnicas con instrumentación variada disponible. Algunos de estos instrumentos pueden reproducirse para su utilización en el nivel escolar.

En la planificación de esta asignatura se considera que la Astronomía es una ciencia observacional y se aplican los mismos procesos que para hacer ciencia (Robbins et al., 1994). Es así como en las actividades propuestas están implícitos los procesos de la ciencia y de la Astronomía

Respecto a planteamientos internacionales acerca de la educación en Astronomía, recientemente la Unión Astronómica Internacional, IAU, en inglés, (Retrê et al., 2019) plantea once grandes ideas de la Astronomía sobre la base del Proyecto 2061 para la educación científica. Las cinco primeras ideas corresponden a los contenidos de esta asignatura. Las grandes ideas son las siguientes:

1. La Astronomía es una de las ciencias más antiguas de la historia humana.
2. Los fenómenos astronómicos se pueden experimentar en nuestra vida cotidiana.
3. El cielo nocturno es rico y dinámico.
4. La Astronomía es una ciencia que estudia los objetos y fenómenos celestes en el Universo.
5. La Astronomía se beneficia y estimula el desarrollo tecnológico.
6. La cosmología es la ciencia de explorar el Universo como un todo.
7. Todos vivimos en un pequeño planeta dentro del Sistema Solar.
8. Todos estamos hechos de polvo de estrellas.
9. Hay cientos de miles de millones de galaxias en el Universo.
10. Puede que no estemos solos en el Universo.
11. Debemos preservar la Tierra, nuestro único hogar en el Universo.

En particular la idea 5 comprende varias sub-ideas en las que los telescopios, observatorios astronómicos y otros instrumentos de observación, tienen un papel destacado. En las ideas 2, 3 y 4 comprenden varias sub-ideas que tienen relación con las observaciones astronómicas, y que tienen un rol importante en la asignatura como se verá más adelante. Se mencionan conceptos

como las fases de la Luna, los eclipses de Luna y de Sol, la rotación de la Tierra, las mareas, las partículas provenientes del Sol causan las auroras, estrellas del cielo nocturno, el eje de rotación de la Tierra y su movimiento de precesión, el cielo nocturno y su movimiento aparente, la radiación electromagnética es la principal fuente de información para la investigación astronómica, entre otras.

En la asignatura Telescopios y Astronomía Instrumental se adopta el modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación, en el que el aprendizaje de las ciencias es concebido no sólo como un cambio conceptual sino como un cambio, a la vez conceptual, metodológico y actitudinal. Sobre la base de este modelo didáctico se han elaborado materiales didácticos experimentales, guías didácticas específicas de temas astronómicos, pautas de observación, entre otros.

## Problemática

En un proyecto de investigación (Espinoza, 2013), el autor de este trabajo se planteó estudiar las competencias que deben alcanzar los estudiantes en las asignaturas de la mención Educación en Astronomía del Departamento de Física y fundamentar una propuesta de estrategias para su implementación y evaluación. La mención consta de 4 asignaturas: Astronomía I, Astronomía II, Telescopios y Astronomía Instrumental, Didáctica de la Astronomía. La mención está dirigida a los estudiantes de pedagogía en Biología, Física, Matemática y Química de la Facultad de Ciencias Básicas. Aunque se propusieron competencias y estrategias para todas las asignaturas, sólo se implementó en dos de ellas: Telescopios y Astronomía Instrumental, y Didáctica de la Astronomía, que eran las que el autor de

este trabajo dictaba. El problema planteado para la asignatura se expresa en los siguientes términos: ¿Cuáles estrategias se pueden implementar y cómo evaluar el logro de las competencias de los estudiantes de la asignatura Telescopios y Astronomía Instrumental de la mención Educación en Astronomía?

El núcleo central del proyecto estaba orientado a buscar, proponer e implementar estrategias de evaluación del logro de las competencias de los estudiantes de la mención Educación en Astronomía, las que por supuesto no pueden ser incoherentes con la formulación de las estrategias y el modelo de enseñanza-aprendizaje adoptados.

En textos de Astronomía utilizados en la preparación de clases y actividades (Robbins et al., 1994) se manifiesta que la Astronomía es una ciencia observacional y se presentan algunas actividades simples de observación. Sobre la base de esta definición se pueden plantear actividades de observación para el logro de las competencias por los estudiantes.

Se debe resaltar que en la mención Educación en Astronomía se están formando profesores y estas actividades contribuyen de manera importante a su formación. Y como se menciona en el capítulo 2 del libro de trabajos de la conferencia sobre educación en Astronomía, de la International Astronomical Union “*Innovation in Astronomy Education*” (Pasachoff et al., 2013), el aprendizaje de nociones de Astronomía por parte de los estudiantes se logra mediante la realización de diversas actividades, entre las que señalan las que se pueden efectuar durante la observación, medición y registro de eventos astronómicos.

## Antecedentes

La Astronomía, actualmente, comprende una extensa generalización de las ciencias físicas, por lo cual también se la denomina Astrofísica. La Astronomía en su concepción moderna se define como la ciencia que estudia la formación, estructura y evolución de los objetos celestes, o, en otras palabras, la Astronomía busca información relevante para comprender todo el universo.

La Astronomía es una de las ciencias de la naturaleza que integra muchas otras disciplinas como la Física (con sus áreas de óptica, mecánica y mecánica celeste, termodinámica, física moderna, mecánica cuántica, etc.), Química, Biología, Geología, Matemáticas, Informática, Geografía, Arqueología, Historia y Filosofía de la Ciencia, y Tecnología. Esta última disciplina en la actualidad ha permitido que la Astronomía pueda tener nuevos instrumentos de observación del universo.

La Astronomía y las Ciencias del Espacio tienen un gran potencial didáctico para contribuir a la enseñanza de las ciencias en todos los niveles del sistema educacional. Un gran número de artículos en revistas sobre enseñanza de las ciencias lo señalan cada cierto tiempo (D. Harris, 1982; Kibble, 1991). Además, es pertinente considerar los artículos publicados sobre la didáctica de las ciencias, específicamente sobre la enseñanza y aprendizaje de la Astronomía y ciencias del espacio publicados en revistas (Baxter, 1991; García Barros et al., 1996, 1996; González Crespo, 1996; González, 1990; Nussbaum, 1989), coloquios y congresos internacionales en los cuales parte de los trabajos y exposiciones se dedican a estudiar las concepciones alternativas y conceptos errados que los alumnos y el

público general tienen de muchos fenómenos astronómicos (Fraknoi, 1996).

Las actividades de laboratorio y de observación han jugado un rol importante en la enseñanza de la Astronomía, así se puede mencionar una de las primeras publicaciones de actividades de Astronomía asociadas a un curso de Física para secundaria, el *Harvard Project Physics* (Holton, 1975). Algunas actividades propuestas en este libro todavía se pueden utilizar en la enseñanza. Una revisión de las actividades astronómicas de este curso se publicó en (J. Harris & Watson, 1968). Otra fuente de recursos diversos, manuales de laboratorio, artículos de revistas, planetarios, telescopios, se publicó en (Kruglak, 1976).

En el número de noviembre de 1988 de la revista *Sky & Telescope*, una de las revistas de Astronomía de mayor prestigio en USA, se ofrece una revisión de diversos proyectos de Astronomía de aficionados y que son de relevancia científica, ofreciendo información de gran interés para ser utilizado como proyectos de observación en la enseñanza, en particular en la asignatura Telescopios y Astronomía Instrumental.

En textos dirigidos a estudiantes de *college* en Estados Unidos, tal como en *Discovering Astronomy* (2ª y 3ª ediciones) se encuentra una variedad de actividades que se pueden realizar con instrumentos simples, los que se pueden construir fácilmente, pero lo interesante son las mediciones que se pueden obtener con ellos. Otros textos son los siguientes: (Comins & Kaufmann, 2008) en donde al final de cada capítulo se presentan proyectos de observación, referidos a la temática de cada capítulo; otro corresponde a dos ediciones del mismo

texto (Freedman & Kaufmann, 2002) y (Freedman & Kaufmann, 2011), en los que en ambos al final de cada capítulo, además de los proyectos de observación que tienen un espacio destacado, hay secciones como “ideas claves”, “preguntas avanzadas”, “preguntas de discusión”, entre otras. Este último texto (6ª y 9ª ediciones), en particular, contiene apartados en los cuales se profundizan algunos temas y se aplican leyes físicas.

El autor del presente trabajo, a lo largo de su experiencia docente, ha tenido la oportunidad de elaborar material didáctico, tanto en el nivel universitario como escolar, para la enseñanza de la Astronomía. En (Espinoza, 2016) se resumen las actividades en el ámbito de la enseñanza de la Astronomía especificando algunas efectuadas en salidas a terreno con estudiantes.

Nuestro propósito es utilizar todo evento astronómico, que transcurra durante el desarrollo de la asignatura, y transformarlo en una situación didáctica para los estudiantes. Por lo tanto, se planificaron para la asignatura diversas actividades que tienen relación directa con la observación y registro de eclipses de Luna y de Sol, tránsitos de Mercurio por el disco solar, observación de conjunciones y oposiciones, estrellas y constelaciones, nebulosas, planetas, etc.

## Marco Teórico Didáctico

La base teórica del modelo de enseñanza–aprendizaje como investigación, que se aplica en esta asignatura, está bien fundamentada según Campanario (2004; 1999), puesto que cumple los factores necesarios en la fundamentación teórica de cualquier propuesta didáctica acerca de la enseñanza de las ciencias. Estos factores son:

- i) Naturaleza de la ciencia (que trata de la filosofía, historia y sociología de la ciencia)
- ii) Psicología del aprendizaje de las ciencias (que trata de suposiciones y teorías acerca de cómo se aprende, en que aparecen ideas como: el desarrollo evolutivo, la teoría de Ausubel, el aprendizaje significativo, la metacognición, la teoría del esquema, entre otras),
- iii) iii) Motivación y actitudes hacia la ciencia (que también se relaciona con la metacognición, siendo la motivación y las actitudes procesos del sistema interno de los aprendices, según la taxonomía de Marzano-Kendall),
- iv) Lo que los estudiantes y profesores saben hacer y piensan (que trata de las concepciones alternativas en general, tanto de estudiantes como de profesores, las pautas de razonamiento, las concepciones epistemológicas).

El modelo de enseñanza–aprendizaje como investigación (Gil Pérez et al., 2005) considera los aportes del constructivismo, los factores mencionados en el párrafo anterior y se apoya en la teoría del cambio conceptual y metodológico, considerando además el aspecto actitudinal.

En el modelo de enseñanza–aprendizaje como investigación, el estudiante investiga problemas científicos, actuando como un “aprendiz de investigador”, tratando que participe activamente en la construcción de su conocimiento, aproximándose a lo que es el trabajo científico.

El aprendizaje significativo se produce cuando ocurre un cambio conceptual, metodológico y actitudinal. Este modelo amplía las propuestas del cambio conceptual y sus limitaciones ya que, según diversos autores, no presta suficiente atención a las formas de razonamiento asociadas a las concepciones alternativas de los estudiantes, manifestando que existe cierta semejanza entre estas concepciones, en algunos campos del saber, y concepciones históricas que han sido desplazadas por los conocimientos aceptados en la actualidad por la comunidad científica.

El cambio conceptual y metodológico planteado por el modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación, requiere de una nueva metodología en que el estudiante, ante una situación problemática, sea capaz de preguntarse por el posible interés que tiene resolver el problema, buscar información pertinente para resolverlo, formular hipótesis, controlar variables, diseñar y realizar experimentos, analizar cuidadosamente los resultados y sintetizarlo en la elaboración de un trabajo escrito. Estas estrategias del modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación se traduce en la elaboración de un programa guía de actividades para el trabajo de los estudiantes, tales como los que se presentan en el libro de la UNESCO (Gil Pérez et al., 2005), en el que se propone este modelo con la finalidad de aumentar el interés de los estudiantes por la cultura científica, ante el fracaso o falta de interés por estudiar contenidos científicos en la educación secundaria. En un curso básico de didáctica de las ciencias (Carrascosa Alís et al., 2016) se presentan otros programas guías de actividades y la fundamentación teórica del modelo como también las ideas de ciencia de estudiantes

y profesores, el rol de los trabajos prácticos, la resolución de problemas, el aprendizaje de los conocimientos teóricos, las relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente, las actitudes hacia la ciencia y su aprendizaje y la evaluación.

## Resultados y Discusión

En la asignatura Telescopios y Astronomía Instrumental cuyas competencias genéricas se presentan en la Tabla 1. En el informe del proyecto de investigación (Espinoza, 2013), estas competencias se desglosan en competencias específicas designadas como: Competencias conceptuales, lo que el estudiante debe conocer de los contenidos teóricos; Competencias procedimentales, lo que el estudiante debe saber hacer, en donde se presentan unas 15 competencias que se pueden convertir en actividades en el laboratorio y en diversos proyectos de observación; Competencias actitudinales, que se refiere a cómo el estudiante debe comportarse con los demás y con su entorno. En el Anexo 1 se presentan los contenidos de la asignatura, agrupados en unidades, que consisten abreviadamente en: Nociones de óptica; Instrumentos básicos; Telescopios; Astrofotografía; Instrumentos y técnicas avanzadas; Proyecto de observación-El cielo nocturno; Proyecto de observación- El Sol; Proyecto de observación-La Luna. Se deja fuera una última unidad que tiene relación con aspectos didácticos de transferencia al aula.

Se reitera el propósito que se mencionó antes, el de utilizar todo evento astronómico, que transcurra durante el desarrollo de la signatura, y transformarlo en una situación didáctica para los estudiantes.

Tabla 1 Competencias asignatura Telescopios y Astronomía Instrumental.

- Comprende las propiedades básicas de la luz y sus aplicaciones en Astronomía.
- Conoce y utiliza instrumentos simples de medición astronómica como cuadrante, escuadra astronómica, relojes solares, teodolito, etc.
- Conoce y comprende técnicas modernas de observación, recolección y procesamiento de datos en Astronomía.
- Identifica y arma tipos de telescopios y sus partes principales.
- Utiliza instrumentos de observación astronómica, desde los más básicos hasta los más avanzados disponibles, para el registro de objetos celestes.
- Reconoce las ventajas y limitaciones de la fotografía análoga y digital.
- Utiliza procesadores de tratamiento de imágenes para reforzar y perfeccionar imágenes fotográficas de objetos celestes.
- Trabaja en equipo para armar diversos instrumentos astronómicos tanto en el laboratorio y en salidas a terreno.
- Trabaja en equipo para desarrollar proyectos de observación.
- Aplica conocimientos astronómicos para diseñar proyectos de observación de nivel básico.

Así las actividades que se pueden realizar son variadas: mediciones básicas con una escuadra astronómica y un cuadrante, mediciones de distancias focales de objetivos y espejos de telescopios, armado de telescopios con elementos sueltos, parámetros esenciales de telescopios, utilización de telescopios de diferentes tipos y sus accesorios, utilizar distintas técnicas de astrofotografía y realizar algunas de las actividades planteadas en los proyectos de observación. Cabe hacer notar que los temas de mayor interés para los estudiantes han sido los telescopios y la astrofotografía.

A continuación, se describen algunas de las actividades realizadas por los estudiantes en salidas a terreno y en el patio de la universidad

#### *MEDICIONES CON UNA ESCUADRA ASTRONÓMICA*

Un instrumento simple de medición es la escuadra astronómica, la que pueden construir y armar los propios estudiantes. Consiste en un cartón con tres distintas aberturas, el que se puede deslizar por una regla, como indica la Figura 1. Esta figura también muestra el método de medición, acercando la regla a un ojo y mirando por alguna de las aberturas del cartón, haciendo coincidir la visión desde el ojo con los vértices de una abertura y dos estrellas en el cielo. La Figura 2 muestra la geometría de la situación y la relación para el ángulo  $\Theta$  que corresponde a la separación angular (o distancia angular) de las dos estrellas. Para estudiantes que no sepan de relaciones trigonométricas se puede utilizar un nomógrafo que permite pasar de la distancia  $d$  en la regla al ángulo  $\Theta$ .

La Tabla 2 muestra datos medidos por grupos de estudiantes (I, II y III) de las estrellas  $\alpha$  (alfa) y  $\beta$  (beta) de la constelación Centauro y las estrellas que forman los travesaños de la constelación Cruz del Sur.

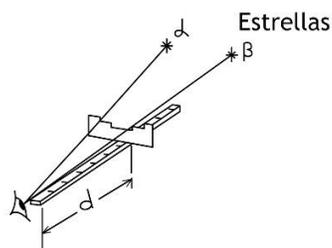


Figura 1 Escuadra astronómica

La última fila de la Tabla 2, se comparan las mediciones con datos obtenidos del Atlas Norton de mapas estelares. Observar que se están mirando y midiendo objetos del hemisferio Sur y que los instrumentos simples permiten buenas mediciones

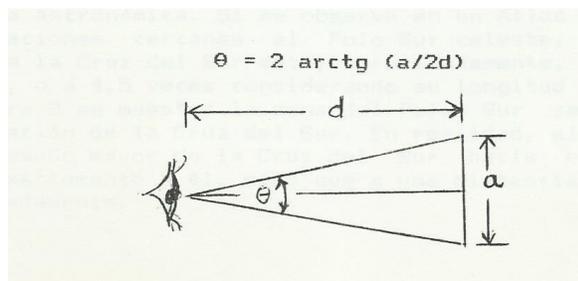


Figura 2. Relación matemática de escuadra astronómica

Tabla 2. Distancia angulares promedio

Grupo	$\alpha$ y $\beta$ Centauro	Palo mayor ( $\alpha - \gamma$ ) Cruz del Sur	Palo menor ( $\beta - \delta$ ) Cruz del Sur
I	4,5°	6,5°	4,5°
II	4,6°	6,1°	4,4°
III	4,4°	6,5	-
Promedio	4,5°	6,36°	4,45°
Atlas Norton	4,7°	6,3°	4,4°

La Figura 3 es una fotografía sin seguimiento del cielo nocturno, dejando la cámara abierta a la luz de las estrellas por algunos minutos, se observa el efecto de rotación de la Tierra en las trazas estelares. En la fotografía se ha marcado la Cruz del Sur que es la constelación útil para orientarse en el cielo del hemisferio Sur. También se ha superpuesto a la fotografía un observador apuntando la escuadra astronómica al palo mayor de la Cruz del Sur, lo que permite ubicar el Polo Sur Celeste.

#### OBSERVACIÓN DE ECLIPSE TOTAL DE LUNA

El 15 de abril de 2014 aconteció un eclipse total de Luna durante la madrugada,

visible completamente desde Chile, como se puede observar en el diagrama (Figura 4), obtenido del [sitio web](#) de Fred Espenak de la NASA.

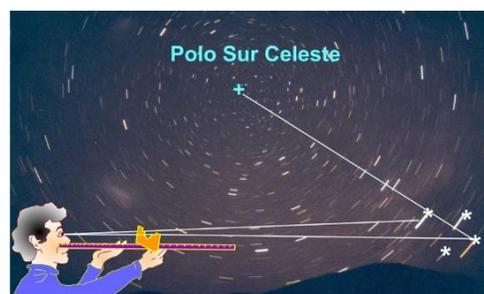


Figura 3. Trazas estelares en el Polo Sur celeste por efecto de rotación de la Tierra.

Fue también una oportunidad de preparar diversas actividades para los estudiantes de la asignatura Telescopios y Astronomía Instrumental de la mención Educación en Astronomía. Ya que uno de los propósitos de esta mención es la de ofrecer a los estudiantes, y futuros profesores, diversas instancias de aprendizaje, entonces con esta finalidad se planificaron diversas actividades para la observación del eclipse total de Luna. Cabe hacer notar que ninguno de los estudiantes de la asignatura había presenciado un eclipse de esta naturaleza.

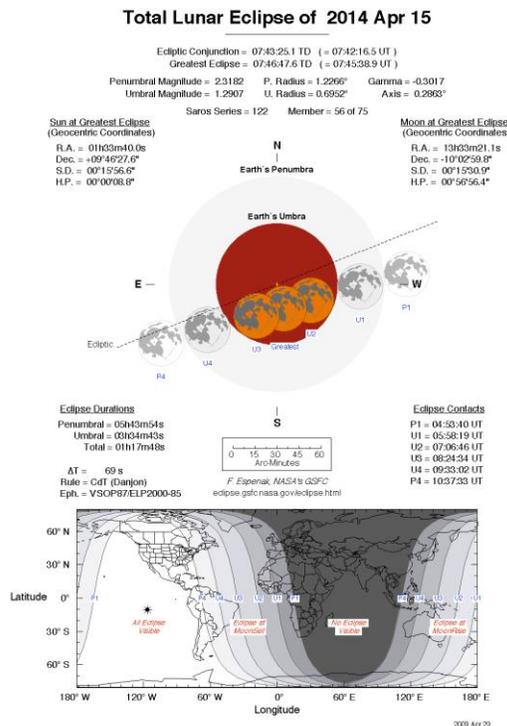


Figura 4. Datos para el eclipse total de Luna del 15 de abril de 2014

Actividades realizadas en la asignatura Telescopios y Astronomía Instrumental, previas y durante el eclipse total de Luna:

- Armado y utilización de diversos instrumentos de observación y de astrofotografía, tales como binoculares, telescopios, cámaras

digitales, accesorios de astrofotografía, para la observación y registro del eclipse total de Luna.

- Observación del eclipse total de Luna, a simple vista y con diversos instrumentos, tales como binoculares, distintos telescopios y accesorios.
- Astrofotografía del eclipse total de Luna mediante el telescopio Schmidt – Cassegrain de 254 mm de apertura utilizando diversos accesorios para astrofotografía.
- Técnicas de astrofotografía, tales como métodos afocal, foco primario y proyección por ocular, y reconocimiento de los accesorios para cada uno de ellos.
- Explicación física del cambio de colorido de la Luna durante el eclipse total.
- Indagar respecto a la escala Danjon para un eclipse de Luna y clasificar el eclipse del 15 de abril según esa escala.
- Construcción y uso de un fotómetro de mancha de aceite para determinar la intensidad relativa de dos fuentes luminosas.
- Determinación del brillo de la Luna llena mediante el fotómetro de mancha de aceite.
- Determinación de la variación del brillo de la Luna con un sensor de luz y el Xplorer GLX.

## Observación de un eclipse anular de Sol

Un eclipse de Sol es un evento astronómico dramático, más aún si el eclipse es total o anular. Cuando la sombra de la Luna avanza rápidamente por la superficie terrestre y el cielo comienza a oscurecerse ha provocado el temor de la humanidad desde tiempos remotos. En la actualidad, los eclipses de Sol despiertan el interés de los científicos y público general, los que viajan a lugares lejanos para observarlos. En Chile, hemos tenido la oportunidad de observar varios: el 2017, un eclipse anular de Sol en Coyhaique; el 2019, un eclipse total de Sol en la región de Coquimbo; el 2020, un eclipse total de Sol en la región de la Araucanía.

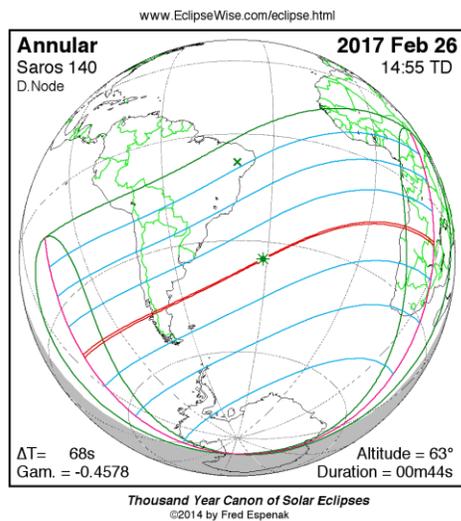


Figura 5 Datos del eclipse anular de Sol del 26 de febrero de 2017.

Actividades realizadas, previas, durante y posteriores al eclipse anular de Sol:

- Armado y utilización de diversos instrumentos de observación y de astrofotografía, tales como binoculares, telescopios, cámaras digitales, accesorios de astrofotografía, para la observación y

registro del eclipse anular de Sol en Coyhaique.

- Comprender toda la información astronómica contenida en la Figura 1, e información adicional, para el eclipse anular de Sol 26 de febrero de 2017.
- Pruebas previas con telescopios, cámaras fotográficas, cámaras de video y accesorios, ya que se contó con la colaboración de camarógrafo y fotógrafo de la universidad.
- Técnicas de astrofotografía, tales como métodos afocal, foco primario y proyección por ocular, y reconocimiento de los accesorios para cada uno de ellos.
- Un aspecto importante a considerar en fotografía del Sol, son los filtros que se deben anteponer a los objetivos de telescopios y cámaras, ya que la luz del Sol puede dañar irreversiblemente los ojos del observador y los instrumentos.
- Con el registro en fotografías y video del eclipse anular de Sol del 26 de febrero de 2017 se realizaron dos producciones audiovisuales: “Eclipse anular de Sol en Coyhaique” y “Los eclipses de Sol”. Ambos videos se pueden ver en Youtube y material didáctico adicional en la revista electrónica Eureka-Enseñanza de las ciencias físicas N° 11.

La Figura 6 es una composición de fases del eclipse anular de Sol en el lugar de observación en las cercanías de Coyhaique. La Figura 7 es una fotografía de la “anularidad” durante el eclipse anular de Sol, captada con un telescopio.

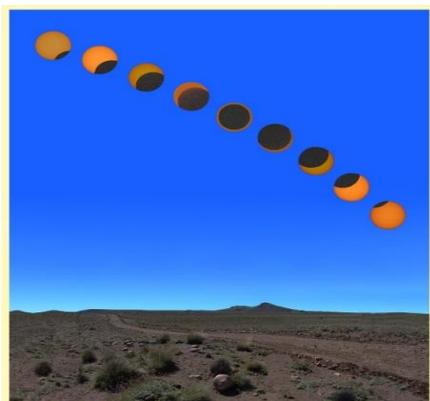


Figura 6. Composición de fases del eclipse anular de Sol.

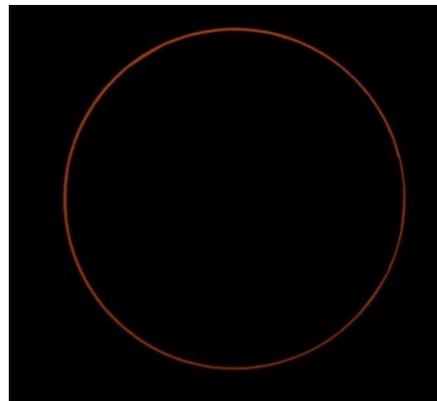


Figura 7. Anillo de Sol durante el eclipse.

### Plataforma ecuatorial para fotografiar con seguimiento

Una plataforma ecuatorial, en su construcción más básica, consiste en dos trozos de madera unidos por una bisagra. En el otro extremo se coloca un perno que se fija a la parte superior en donde se ubica un soporte para la cámara fotográfica como se indica en la Figura 8. La perilla de la madera inferior permite mover la tabla superior al ritmo que se mueve el cielo, aparentemente, alrededor de la Tierra. El borde en donde se ubica la bisagra se debe colocar paralelo al eje de rotación de la

Tierra, alineándola por el buscador, apuntando hacia el polo sur celeste. Para determinar el ritmo al que debe moverse la perilla, se tiene que considerar la geometría de la plataforma y el día sideral. La Figura 8 corresponde a una plataforma de brazo simple manual. La Figura 9 ilustra una plataforma ecuatorial de brazo simple con motor y la Figura 10 corresponde a una plataforma de brazo doble con motor.



Figura 8. Plataforma ecuatorial de brazo simple manual



Figura 9. Plataforma ecuatorial de brazo simple con motor.



Figura 10. Plataforma ecuatorial de brazo doble con motor.

La Figura 11 corresponde a una fotografía del cielo nocturno captada con la plataforma ecuatorial de brazo simple manual (Figura 8) con un tiempo de

exposición de 5 minutos. Representa la constelación Orión tal como se observa desde el hemisferio Sur.



Figura 11. La constelación Orión desde el hemisferio sur, captada con la plataforma ecuatorial de brazo simple manual ( $t = 5$  min).

A continuación, se muestra un método para calcular el tiempo que se debe imprimir a la plataforma ecuatorial de brazo simple para seguir correctamente el movimiento aparente del cielo nocturno. La plataforma ecuatorial de brazo simple:  $R = 324$  mm. La velocidad angular para un cuerpo que rota, está expresada por  $\omega = \Delta\theta/\Delta t$ . Para la velocidad angular de rotación de la Tierra se tiene:

$$\omega = \frac{2\pi \text{ rad}}{23 \text{ h } 56 \text{ min}} = 4,37 \cdot 10^{-3} \text{ rad/min}$$

En un minuto, la Tierra rota  $4,37 \cdot 10^{-3}$  rad; y es también la velocidad de rotación de la esfera celeste diaria. Se hace girar la plataforma accionando la perilla y anotando el número de vueltas de la perilla (10 en este caso) y se mide el desplazamiento  $\Delta s$ , se mide  $\Delta s = 15,05$  mm. Ya que el ángulo  $\Delta\theta$  está dado por  $\Delta\theta = \Delta s/r$ , podemos calcular que  $\Delta\theta = 0,046$  rad.

Por lo tanto, la plataforma gira un ángulo de 0,046 rad en 10 vueltas de la perilla. Debemos calcular ahora el tiempo que se debe imprimir a la plataforma para girar el ángulo de 0,046 rad. Si en un minuto la

Tierra gira  $4,37 \cdot 10^{-3}$  rad, entonces en  $t$  min gira el ángulo de 0,046 rad, o sea:

$$\frac{t \text{ min}}{1 \text{ min}} = \frac{0,046 \text{ rad}}{4,37 \cdot 10^{-3} \text{ rad}}$$

Se obtiene que  $t = 10,55$  min. Este es el tiempo que demora la Tierra en girar 0,046 rad. Y es también el tiempo que se hace girar 10 vueltas de la perilla; luego, en una vuelta de perilla debe corresponder a 1,055 min. Ahora se debe considerar las subdivisiones de la escala de la perilla para hacer girar la perilla cuando se tomas las astrofotografías. Por ejemplo, si dividimos la perilla en 4 secciones, a cada cuarto de perilla le corresponden 15 segundos aproximadamente, como se indica en la figura siguiente

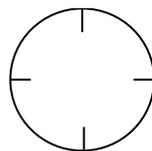


Figura 12. Subdivisiones en 4 secciones de perillas

Se estimó el ángulo como  $\Delta\theta/r$  y como  $t_{10} = 10,55$  min, así  $t = 1,055$  min, luego  $t/12=5,3$  s.

## Conclusiones

Entre las conclusiones de las actividades realizadas en esta asignatura están:

- i) Se tiene el diseño curricular de la asignatura Telescopios y Astronomía Instrumental.
- ii) Hay variadas propuestas de estrategias didácticas basadas en el modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación, para el logro del aprendizaje de los estudiantes de la asignatura.
- iii) Entre los temas que más han tenido interés para los estudiantes están los telescopios y su utilización, la astrofotografía, actividades en eventos astronómicos y salidas a terreno.
- iv) Se tiene material didáctico actualizado para lograr las competencias de los estudiantes en la asignatura.

## Bibliografía

- Baxter, J. (1991). A constructivist approach to astronomy in the National Curriculum. *Physics Education*, 26(1), 38-45. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/26/1/007>
- Campanario, J. M. (2004). Algunas posibilidades del artículo de investigación como recurso didáctico orientado a cuestionar ideas inadecuadas sobre la ciencia. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 22(3), 365-378. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3870>
- Campanario, J. M., & Moya, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 179-192.
- Carrascosa Alís, J., Domenech Blanco, J. L., Martínez-Torregrosa, J., Osuna García, L., & Verdú Carbonell, R. (2016). *Curso Básico de Didáctica de las Ciencias. Enseñanza Secundaria. Profesorado de Ciencias en Formación y en Activo*. Jaime Carrascosa. <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/55785>
- Comins, N. F., & Kaufmann, W. J. (2008). *Discovering the Universe*. W.H. Freeman.
- Espinoza, J. (2013). *Estudio de las competencias de las asignaturas de la Mención Educación en Astronomía del Departamento de Física y una propuesta de estrategias para su implementación y evaluación* [Informe proyecto de investigación]. UMCE.
- Espinoza, J. (2016). Actividades de Astronomía y Ciencias del Espacio desarrolladas en la UMCE. *Revista electrónica Eureka - Enseñanza de las Ciencias Físicas*, 8. <https://www.umce.cl/index.php/revistas-y-publicaciones/revista-electronica-eureka/80-universidad/revistas-publicaciones/revista-eureka>
- Fraknoi, A. (1996). The State of Astronomy Education in the US. *Astronomy Education: Current Developments, Future Coordination*, 89, 9.
- Freedman, R., & Kaufmann, W. J. (2002). *Universe* (6th edition). W. H. Freeman.
- Freedman, R., & Kaufmann, W. J. (2011). *Universe* (8th edition). W. H. Freeman.
- García Barros, S., Mondelo Alonso, M., & Martínez Losada, C. (1996). La

astronomía en la formación de profesores. *Alambique: didáctica de las ciencias experimentales*.

<https://redined.educacion.gob.es/xmlui/handle/11162/25319>

Gil Pérez, D., Macedo, B., Martínez-Torregrosa, J., Sifredo Barrios, C., Valdés, P., & Vilches Peña, A. (2005). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica?. Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Oficina Regional de Educación de la UNESCO para América Latina y el Caribe.

<http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/2784>

González Crespo, P. A. (1996). La ciencia del siglo XXI en el currículum. *Alambique: didáctica de las ciencias experimentales*.

<https://redined.educacion.gob.es/xmlui/handle/11162/25315>

González, R. (1990). La astronomía y la reforma de la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 9(1), Art. 1. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4697>

Harris, D. (1982). The place of astronomy in schools. *Physics Education*, 17(4), 154-157. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/17/4/305>

Harris, J., & Watson, F. (1968). Some Astronomy Experiments for a High School Physics Course. *The Physics Teacher*, 6(8), 394-400. <https://doi.org/10.1119/1.2351316>

Holton, G. (Ed.). (1975). *The project physics course. Handbook*. Holt, Rinehart & Winston.

Kibble, B. (1991). The space vehicle—Teaching physics through astronomy. *Physics Education*, 26(1), 13-18. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/26/1/003>

Kruglak, H. (1976). Resource Letter EMAA-2: Laboratory experiences for elementary astronomy. *American Journal of Physics*, 44(9), 828-833. <https://doi.org/10.1119/1.10298>

Nussbaum, J. (1989). La tierra como cuerpo cósmico. *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*, 259-290.

Pasachoff, J. M., Ros, R. M., & Pasachoff, N. (2013). Innovation in Astronomy Education. En *Innovation in Astronomy Education*.

<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2013iae.book.....P>

Retrê, J., Russo, P., Lee, H., Penteadó, E., Salimpour, S., Fitzgerald, M., Ramchandani, J., Pössel, M., Scorza, C., & Christensen, L. (2019). Big ideas in astronomy: A proposed definition of astronomy literacy. *Online] https://www.iau.org/static/archives/announcements/pdf/an19029a.pdf*.

Robbins, R. R., Jefferys, W. H., & Shawl, S. J. (1994). *Discovering Astronomy, Activities Kit* (3rd edition). Wiley.

## **Anexo 1.**

### **Contenidos**

#### ***UNIDAD 1: NOCIONES DE ÓPTICA***

1. Fundamentos de la óptica geométrica y ondulatoria que se aplican en la instrumentación para la Astronomía.
2. Parámetros ópticos de telescopios e instrumentos para astrofotografía: distancia focal, apertura (diámetro de la lente o espejo), aumento, resolución, número f, campo de visión, contraste, magnitud límite, etc.
3. Aberraciones principales de lentes y espejos: cromática, esférica, coma, astigmatismo, curvatura de campo.
4. Armado de telescopios básicos mediante lentes y espejos en el banco óptico.
5. Instrumentos ópticos que se utilizan para observar el cielo: binoculares, telescopios refractor, reflector, catadióptrico y otros.
6. Instrumentos ópticos que se utilizan para registrar el cielo.

#### ***UNIDAD 2: INSTRUMENTOS***

##### ***BÁSICOS***

1. Construcción y uso de instrumentos básicos como: escuadra astronómica, cuadrante, teodolito, relojes de Sol, etc.
2. Utilización de un planisferio y cartas estelares.
3. Utilización de un planetario Baader.
4. Relación del tamaño angular y aplicaciones.
5. Software de planetarios.

#### ***UNIDAD 3: TELESCOPIOS***

1. Tipos de telescopios: refractor, reflector, catadióptrico.

2. Ventajas y desventajas de cada tipo de telescopio.
3. Los telescopios Schmidt-Cassegrain y Maksutov-Cassegrain y su utilización.
4. Monturas para telescopios: altacimutal, ecuatorial alemana y de horquilla, dobsoniana, etc.
5. El telescopio reflector con montura Dobson.
6. Accesorios para telescopios: buscadores, diagonal, oculares en sus diámetros externos tipo japonés y norteamericano.
7. Estudio práctico de diversos tipos de oculares: H, RKE, SMA, Plossl y Super Plossl, ortoscópico, etc.

#### ***UNIDAD 4: ASTROFOTOGRAFÍA***

1. Técnicas de la astrofotografía, básicas y avanzadas: sin y con seguimiento, por medio de cámaras fotográficas, plataformas ecuatoriales, etc.
2. Uso y funcionamiento de una plataforma ecuatorial.
3. Determinación del tiempo de funcionamiento de plataformas ecuatoriales manuales y con motor.
4. Accesorios para astrofotografía.
5. Astrofotografía con telescopio en paralelo,
6. Astrofotografía con telescopio en el foco primario.
7. Astrofotografía con telescopio mediante proyección por ocular.

#### ***UNIDAD 5: INSTRUMENTOS Y***

##### ***TÉCNICAS AVANZADAS***

1. Utilización de cámaras CCD básicas y astronómicas.
2. Procesamiento de imágenes digitales.
3. Técnicas espectroscópicas básicas.
4. Filtros especiales para astrofotografía: filtros lunares, filtros planetarios, filtros para

nebulosas, filtros solares en el visible, filtros para el Sol en H $\alpha$ .

**UNIDAD 6: PROYECTO DE OBSERVACIÓN - EL CIELO NOCTURNO**

1. Movimientos de la esfera celeste.
2. Ubicación del polo sur celeste mediante instrumentos básicos.
3. Reconocer constelaciones y comparar con cartas estelares.
4. Determinación de la latitud mediante el análisis de una fotografía de trazas estelares.
5. Determinación del día sideral.
6. Observación y registro fotográfico, análogo y digital, de estrellas y planetas.
7. Astrofotografía con telescopio de objetos celestes de espacio profundo.
8. Estrellas dobles y resolución de un telescopio.
9. Modelo de un sistema binario de estrellas eclipsantes.
10. Masa de Júpiter a partir de los satélites galileanos.
11. Órbitas de estrellas dobles y momentum angular.
12. Determinación de la distancia a un planeta como Júpiter o Saturno en una oposición.
13. Medidor de cielo nocturno.

**UNIDAD 7: PROYECTO DE OBSERVACIÓN - EL SOL**

1. Medición del diámetro del Sol.
2. Eclipses de Sol: parcial, anular, total.
3. Fotómetro de mancha y bloques de parafina: medición de la luminosidad del Sol.
4. Fotómetro solar.
5. Cámara solar para observación de manchas solares.
6. Medición de la radiación solar que incide en la Tierra.

7. Medición de la temperatura de la superficie del Sol.
8. Fotografía del Sol en el visible.
9. Período de rotación del Sol.
10. Observación del Sol con filtro H $\alpha$ .
11. Espectro del Sol.
12. Tránsito de Mercurio por el disco solar.
13. Magnetómetro solar.

**UNIDAD 8: PROYECTO DE OBSERVACIÓN - LA LUNA**

1. Observación y registro del movimiento de la Luna.
2. Diámetro de la Luna.
3. Luminosidad de la Luna mediante un fotómetro.
4. Observar y registrar la Luna y sus fases mediante binoculares y/o telescopio.
5. Observación y registro de un eclipse de Luna.
6. Medición de la altura de las montañas lunares.
7. Determinación del período sideral de la Luna.
8. Estudio de la superficie de la Luna.
9. Determinación de la masa de la Luna.
10. Medición de la distancia a la Luna.