

---

Apuntes del curso de actualización docente

# LA ASTRONOMÍA Y SU ENSEÑANZA EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA



Observatorio Astronómico de Córdoba

Universidad Nacional de Córdoba

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA**

RECTORA

**Dra. Silvia Carolina Scotto**

VICERRECTORA

**VDra. Hebe Golderhersch**

SECRETARIO de ASUNTOS ACADÉMICOS

**Dr. Gabriel Bernardello**

SUBSECRETARÍA DE GRADO

**Dra. María del Carmen Lorenzatti**

DIRECTOR PROGRAMA DE ARTICULACIÓN

**Mgter. Gonzalo M. Gutierrez**

**OBSERVATORIO ASTRONOMICO DE CÓRDOBA - UNC**

DIRECTOR

**Dr. Diego García Lambas**

VICEDIRECTOR

**Dr. Carlos Valotto**

# La Astronomía y su enseñanza en la Educación Secundaria

Apuntes del curso de actualización docente realizado en el Observatorio Astronómico de la  
Universidad Nacional de Córdoba.

## Cuerpo docente

Dr. Carlos Guillermo Bornancini

Dra. Carolina Andrea Chavero

Lic. Sebastián Coca

Dr. Mariano Javier de León Domínguez Romero

Lic. Ileana Nancy Gómez

Dr. Marcelo Lares

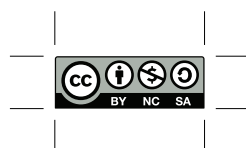
Dr. David Constantino Merlo

Dra. Tali Palma

Ing. Paolantonio Santiago

Dr. Carlos Valotto

Dra. Luciana Verónica Gramajo, Editora



Los artículos y las ilustraciones de este libro (a menos que se indique lo contrario) se distribuyen  
bajo Licencia *Creative Commons by-nc-sa* Argentina 2.5

Córdoba, Mayo de 2012 ©OAC-UNC

Desde la promulgación de la Ley Federal de Educación, las Ciencias Naturales se han revalorizado incorporándose desde las etapas más tempranas de la enseñanza. La nueva Ley Nacional de Educación N° 26.206, sostiene esta posición y adicionalmente convierte en obligatorios los últimos años del nivel secundario.

La reciente propuesta curricular de la Provincia de Córdoba para la educación secundaria, reposiciona los conocimientos de la Astronomía en el contexto del área de las Ciencias Naturales como parte de la alfabetización científica ciudadana. Esta ciencia se relaciona con la interpretación de los fenómenos naturales y la manera de investigarlos, que permite comprender el Universo.

Ante este panorama, el Observatorio Astronómico de la Universidad Nacional de Córdoba, reconociendo la necesidad de los docentes a cargo de los espacios curriculares involucrados del nivel secundario en cuanto a su actualización en las temáticas asociadas a la Astronomía y la necesidad de reflexionar la nueva propuesta, propone una capacitación en formato de curso semipresencial.

El Observatorio es una institución centenaria que forma a astrónomos en una amplia variedad de áreas, con amplia experiencia en investigación y educación, lo que posibilita a los docentes de nivel secundario acercarse a los resultados y temáticas de investigación actuales, y permite acceder a un caudal de conocimientos y metodologías imprescindibles a la hora de volcarlos en los procesos de enseñanza-aprendizaje en el aula.

En esta, propuesta "La Astronomía y su Enseñanza en la Educación Secundaria", se plantea un núcleo de conceptos básicos que seleccionamos como fundamentales en la formación de todo docente que asuma la responsabilidad de enseñanza de la Astronomía en el ciclo con orientación Ciencias Naturales de la enseñanza secundaria. Partiendo de una presentación histórica y epistemológica de la Astronomía como ciencia, pasamos luego al redescubrimiento de la luz como fuente importante para el estudio de una buena parte de los cuerpos celestes. Los contenidos aparecen estructurados jerárquicamente con los diferentes tipos de objetos astronómicos, los cuales serán presentados y estudiados en forma particular.

Las clases aula taller serán llevadas a cabo por diferentes docentes del Observatorio Astronómico, los cuales presentan diferentes propuestas didácticas, asociadas al conocimiento y la utilización de los recursos y herramientas que presenta la Institución, así como la utilización de recursos informáticos (páginas web, planetarios virtuales, bases de datos, etc), favoreciendo de esta manera la alfabetización tecnológica, digital y audiovisual. Esto se ve reflejado en los materiales de apoyo que se presentan a continuación.



# Índice general

<b>1. Astronomía: pasado y presente</b>	<b>1</b>
1.1. Presentación . . . . .	1
1.2. Introducción . . . . .	1
1.3. Actividades . . . . .	2
1.4. Bibliografía . . . . .	2
<b>2. Paisaje Celeste</b>	<b>5</b>
2.1. Presentación . . . . .	5
2.2. Introducción . . . . .	5
2.3. Actividades . . . . .	8
2.4. Bibliografía . . . . .	8
<b>3. Medición de ángulos y sistemas de coordenadas</b>	<b>9</b>
3.1. Presentación . . . . .	9
3.2. Introducción . . . . .	9
3.3. Actividades . . . . .	12
<b>4. El Aula Virtual - TICs</b>	<b>13</b>
4.1. Presentación . . . . .	13
4.2. Introducción . . . . .	13
4.3. Bibliografía . . . . .	18
<b>5. Distancias en Astronomía</b>	<b>19</b>
5.1. Presentación . . . . .	19
5.2. Dimensiones de la Tierra . . . . .	19
5.3. Distancia Tierra-Sol . . . . .	19
5.4. Distancias a las estrellas . . . . .	21
5.5. Distancias a las galaxias . . . . .	22
5.6. Actividades . . . . .	22
5.7. Bibliografía . . . . .	24
<b>6. Tiempo y Calendarios</b>	<b>25</b>
6.1. Presentación . . . . .	25
6.2. Un poco de historia . . . . .	25
6.3. Escalas de Tiempo . . . . .	26
6.4. Definiciones de Tiempo . . . . .	27
6.5. Calendarios . . . . .	28
6.6. Efemérides astronómicas . . . . .	29

6.7. Actividad . . . . .	29
<b>7. Movimientos de nuestro planeta</b>	<b>30</b>
7.1. Presentación . . . . .	30
7.2. Movimiento Diurno . . . . .	30
7.3. Movimiento Anual . . . . .	31
7.4. Movimiento Secular . . . . .	31
7.5. Algunas consecuencias de estos movimientos . . . . .	34
7.6. Actividades . . . . .	35
<b>8. La naturaleza de la luz y Astronomía multibanda</b>	<b>37</b>
8.1. Presentación . . . . .	37
8.2. Introducción . . . . .	37
8.3. La luz y el átomo . . . . .	38
8.4. El espectro electromagnético . . . . .	38
8.5. Leyes de Kirchoff . . . . .	39
8.6. Rangos asociados a la observación de cuerpos celestes . . . . .	39
8.7. Actividades . . . . .	40
8.8. Bibliografía . . . . .	42
<b>9. Instrumentos Astronómicos</b>	<b>43</b>
9.1. Presentación . . . . .	43
9.2. Introducción . . . . .	43
9.3. Actividades . . . . .	44
<b>10. Temperatura. Radiación térmica. Cuerpo negro.</b>	<b>45</b>
10.1. Presentación . . . . .	45
10.2. Introducción . . . . .	45
10.3. Actividades . . . . .	49
10.4. Bibliografía . . . . .	50
<b>11. Las estrellas</b>	<b>51</b>
11.1. Presentación . . . . .	51
11.2. Parámetros Estelares . . . . .	51
11.3. La Combustión Estelar . . . . .	52
11.4. Clasificación Espectral . . . . .	52
11.5. Estrellas en Grupos . . . . .	53
11.6. Actividades . . . . .	53
11.7. Bibliografía . . . . .	54
<b>12. Evolución Estelar</b>	<b>55</b>
12.1. Presentación . . . . .	55
12.2. ¿Qué significa estudiar la evolución de una estrella? . . . . .	55
12.3. Nacimiento de las estrellas . . . . .	55
12.4. Reacciones Nucleares . . . . .	56
12.5. Diagrama HR . . . . .	57
12.6. Actividades . . . . .	59

<b>13. La Astronomía y su Enseñanza en la Educación Secundaria</b>	<b>60</b>
13.1. Objetivos . . . . .	60
13.2. Contenidos . . . . .	60
13.3. Cronograma de Actividades . . . . .	61
<b>14. Anexo: Actividades No Presenciales</b>	<b>62</b>
14.1. Actividad No Presencial 1: Astronomía pasado y presente . . . . .	62
14.2. Actividad No Presencial 2: Tiempo. Coordenadas. Esfera celeste . . . . .	63
14.3. Actividad No Presencial 3: Astronomía multifrecuencia . . . . .	66
14.4. Actividad No Presencial 4: Espectro del Sol. Espectros de las estrellas. . . . .	67



# Astronomía: pasado y presente

por Ing. Santiago Paolantonio

---

## 1.1. Presentación

En esta instancia se pretende, en primer lugar, reflexionar sobre la importancia de incorporar a las clases de ciencia y en particular a las de Física y Astronomía un enfoque socio-histórico. Posteriormente desde la lectura de diversos materiales sobre la historia de la Astronomía se propone actualizar los conocimientos sobre la misma, en particular los correspondientes a la astronomía nacional, identificándose algunos casos que permitan ser abordados en la escuela.

---

## 1.2. Introducción

*“Sería difícil pretender hacer una alfabetización científica-técnica sin hacer conocer a los pueblos la historia de la ciencia y la tecnología.”* (Filippe Mathhy y Gerad Fourez)

El conocimiento científico es fruto del intelecto humano. Es un producto colectivo de construcción histórico-social que se basa en acuerdos alcanzados en una comunidad científica y tiene un carácter provisorio. Por otro lado, conlleva procesos propios relacionados con la investigación. Teniendo en cuenta esto, para lograr la comprensión del mundo desde la visión de la ciencia que se espera construya el estudiante, debe contemplarse el contexto en que se desarrolla el conocimiento científico y el tratamiento de su evolución histórica. Con el objeto de reflexionar sobre la importancia de la incorporación de la historia de las ciencias en la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias Naturales, así como de algunos enfoques didácticos posibles, se propone la lectura de los siguientes artículos (disponibles en la plataforma educativa):

- Bono, L. C. y Paolantonio, S. (2003). La enseñanza de historia de las ciencias en la enseñanza y aprendizaje de las Ciencias Naturales. Servicio Educativo. 7 (48).
- Paolantonio, S. y Bono, L. C. (2003). Diferentes enfoques didácticos en la enseñanza de la historia de las ciencias. Servicio Educativo. 7, (49).

La inclusión de la historia de las ciencias en las clases de ciencia resulta un aporte significativo para la superación de las barreras epistemológicas en la construcción del conocimiento científico, para mostrar una imagen más cercana de la ciencia y sus procesos, y comprender su situación actual. Además, posibilita el reconocimiento de la ciencia como parte de la cultura humana y la revalorización de la misma y de sus representantes para el desarrollo de una comunidad. La historia de la astronomía universal y en particular la argentina, se presentan especialmente adecuadas para trabajar lo expuesto.



El empleo de la historia de las ciencias en las clases en forma efectiva, requiere del repaso y la actualización de los conocimientos que sobre esta temática se tienen. En este sentido, en el ítem “Bibliografía” se incluyen sugerencias de textos y sitios web sobre la historia de la astronomía universal, latinoamericana y argentina.

---

### 1.3. Actividades

#### **Actividad Nro 1.1**

A partir de la presentación “De Newton a Einstein”, reunidos en grupos:

1. ¿Qué características de la ciencia y en particular de la Astronomía consideran pueden abordarse en las clases de Física y Astronomía?
2. Puesta en común.

*Nota: en la plataforma educativa se encuentra disponible un archivo con el resumen de lo expuesto sobre este tema (de newton a einstein.pdf).*

---

### 1.4. Bibliografía

A continuación se brinda un listado de lecturas sugeridas relacionadas con la historia de la astronomía, en particular de la nacional. Adicionalmente a la cita bibliográfica, en cada caso se incluye un breve comentario que pretende ser orientador sobre los temas abordados.

*Lecturas sobre la historia general de la Astronomía.*

**Gribbin, J. (2005). Historia de la Ciencia 1543-2001. Barcelona: Crítica.**

*Comentario:* historia universal de la ciencia en el que se incluye extensamente la historia de la Astronomía.

*Disponible en:* librerías.

**Koestler, A. (1981) Los sonámbulos. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.**

*Comentario:* historia universal de la Astronomía. Origen y desarrollo de la cosmología. Luego de abordar la astronomía en la antigüedad trabaja detalladamente la vida y obra de Copérnico, Kepler, Ticho de Brahe, Galileo Galilei y Newton.

*Disponible en:* locales de venta de libros usados.

**Boido, G. (1998). Noticias del Planeta Tierra. Galileo Galilei y la revolución científica. (3a. ed.). Buenos Aires: AZ Editora.**

*Comentario:* detallada historia sobre Galileo Galilei.

*Disponible en:* librerías.

**Overbye, D. (1992). Corazones solitarios en el cosmos. Buenos Aires: Planeta.**

*Comentario:* historia del nacimiento de la astrofísica y cosmología moderna. Con entrevistas y anécdotas.

*Disponible en:* locales de venta de libros usados.

*Lecturas sobre la historia de la Astronomía Latinoamericana.*

**Babini, N. y de Mendoza D. H. (ed.). (2005). La historia de la astronomía en América Latina [Ejemplar especial]. Saber y Tiempo. Revista de Historia de la Ciencia, 5 (19).**



*Comentario:* número temático de la revista Saber y Tiempo, de autores varios. Incluye diversos artículos detallados sobre la historia de la astronomía en distintos países de Latinoamérica.

*Disponible en:*

Para adquirirlo en formato papel:

[www.unsam.edu.ar/publicaciones/mas\\_revistas.asp](http://www.unsam.edu.ar/publicaciones/mas_revistas.asp)

La web:

<http://www.unsam.edu.ar/publicaciones/Archivos/SaberyTiempo19.pdf>

**Historia de la Astronomía. Blog específico de la historia de la Astronomía argentina y latinoamericana. Autores: S. Paolantonio y E. Minniti.**

*Comentario:* en este blog se incluyen numerosos artículos sobre la historia de la astronomía argentina y latinoamericana, en relación a sus instituciones, astrónomos, diferentes trabajos realizados, instrumentos, etc. Ver lista de artículos en “Publicaciones” y “Lista de entradas”.

*Disponible en:* [historiadelaastronomia.wordpress.com](http://historiadelaastronomia.wordpress.com) (consultar “listado de entradas”)

*Lecturas sobre la historia de la Astronomía Argentina.*

**Romero, G. E., Cellone S. A. y Cora, S. A. (ed.) (2009). Historia de la Astronomía Argentina. Asociación Argentina de Astronomía Book series, 2. Buenos Aires: [s.n].**

*Comentario:* publicación de la Asociación Argentina de Astronomía que incluye numerosos artículos de la historia de la astronomía argentina y en particular de sus instituciones, producto del Workshop sobre el tema realizado en el 2008 en el Observatorio Astronómico de La Plata.

*Disponible en:* Biblioteca Observatorio Astronómico UNC.

- Para adquirirlo en formato papel solicitar a: [aaacd@fcaglp.unlp.edu.ar](mailto:aaacd@fcaglp.unlp.edu.ar).

- En la web se encuentra disponible el suplemento en:

[www.astronomiaargentina.org.ar/archivos/publicaciones/AAABS2\\_sup.pdf](http://www.astronomiaargentina.org.ar/archivos/publicaciones/AAABS2_sup.pdf).

**Minniti, E. y Paolantonio S. (2009). Córdoba Estelar. Historia del Observatorio Nacional Argentino. Observatorio Astronómico de la Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba: Editorial de la Universidad.**

*Comentario:* detallada historia del Observatorio Nacional Argentino primera institución científica argentina, sus obras y personajes, incluye numerosas imágenes. Abarca el período 1870-1942.

*Disponible en:* Librerías y Biblioteca Observatorio Astronómico UNC.

**Paolantonio, S. y Minniti, E. (2009). Historia del Observatorio Astronómico de Córdoba. Historia de la Astronomía Argentina. Asociación Argentina de Astronomía Book series, 2, 51-167.**

*Comentario:* Historia del Observatorio Nacional Argentino primera institución científica argentina, sus obras y personajes, incluye imágenes. A partir de la ponencia realizada en el Workshop de Historia de la Astronomía Argentina, Observatorio Astronómico de La Plata, La Plata, 29 y 30 de mayo de 2008.

*Disponible en:* <http://historiadelaastronomia.files.wordpress.com/2008/12/historia-del-onal.pdf>

**Paolantonio, S. y Minniti, E. (2001). Uranometría Argentina 2001. Historia del Observatorio Nacional Argentino. OAC-Secyt Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba: [s.n].**

*Comentario:* detallada historia del primer observatorio astronómico argentino, obras, personajes, etc. Período 1870-1885. Incluye completa la Uranometría Argentina de 1879 primera obra astronómica argentina. También contiene un Atlas Estelar. Formato electrónico (CD).

*Disponible en:* Biblioteca Observatorio Astronómico UNC.

**Bernaola, O. (2001). Enrique Gaviola y el Observatorio Astronómico de Córdoba. Omar Bernaola. Buenos Aires: Ed. Saber y Tiempo.**



*Comentario:* detallada historia sobre el Dr. Enrique Gaviola, primer astrofísico argentino. Incluye su formación y trabajos, con una abundante transcripción de textos originales.

*Disponible en:* Biblioteca Observatorio Astronómico UNC.

**Historia de la Astronomía. Blog específico de la historia de la Astronomía argentina y latinoamericana. Autores: S. Paolantonio y E. Minniti.**

*Comentario:* en este sitio se incluyen numerosos artículos sobre la historia de la astronomía argentina y latinoamericana, en relación a sus instituciones, astrónomos, diferentes trabajos realizados, instrumentos, etc. Ver lista de artículos en “Publicaciones” y “Lista de entradas” (ver a continuación artículos recomendados).

*Disponible en* [historiadelaastronomia.wordpress.com](http://historiadelaastronomia.wordpress.com)

Artículos recomendados:

- Sobre el Observatorio Astronómico de La Plata

<http://historiadelaastronomia.wordpress.com/documentos/observatorio-la-plata/>

- Sobre el primer observatorio en Argentina. El observatorio astronómico del Convento de Santo Domingo.

<http://historiadelaastronomia.wordpress.com/documentos/santo-domingo/>

- Sobre el Observatorio Astronómico San Luis

<http://historiadelaastronomia.wordpress.com/2010/02/01/estar-en-la-punta/>. Ver también:

<http://admin.ulp.edu.ar/ULPWeb/Contenido/PaginaULP124/File/Observatorio.pdf>

- El mesón de fierro. [http://historiadelaastronomia.files.wordpress.com/2008/12/meson\\_de\\_fierro\\_aaa.pdf](http://historiadelaastronomia.files.wordpress.com/2008/12/meson_de_fierro_aaa.pdf)

- Sobre el primer trabajo fotográfico astronómico realizado en argentina. Fotografías Cordobesas, Obra pionera de fotografía astronómica en Latinoamérica y el mundo (Revista Universo,55, 2008).

<http://www.liada.net/universo.liada.net/a10-FotografiasCordobesas.pdf>

-Sobre los Intentos argentinos para probar la Teoría de la Relatividad

<http://historiadelaastronomia.files.wordpress.com/2008/12/2007baaa50359p.pdf>

- Trabajos realizados en el Observatorio Nacional Argentino durante sus primeros 80 años de existencia. <http://historiadelaastronomia.wordpress.com/2012/02/23/trabajos-realizados-en-el-observatorio-nacional-argentino-durante-sus-primeros-80-anos-de-existencia/>

*Sobre la Estación Astrofísica de Bosque Alegre.*

- Apuntes sobre la historia de Bosque Alegre (video)

<http://historiadelaastronomia.wordpress.com/2009/05/09/apuntes-sobre-la-historia-de-bosque-alegre/>

- Estación Astrofísica de Bosque Alegre, un nuevo aniversario

<http://historiadelaastronomia.wordpress.com/documentos/estacion-astrofisica-de-bosque-alegre-un-nuevo-aniversario/>

- El telescopio de Bosque Alegre en fábrica.

<http://historiadelaastronomia.wordpress.com/documentos/fabricacionba/>

- Para mayores detalles ver en Historia del observatorio de Córdoba ítem 5.10

<http://historiadelaastronomia.files.wordpress.com/2008/12/historia-del-ona1.pdf>.

*Algunos sitios en la web sobre historia de la astronomía:*

**Historia de la Astronomía – Tayabeixo** <http://www.tayabeixo.org/historia/historia.htm>

**Astronomía** <http://www.astromia.com/historia/>

**Xarxa Telemàtica Educativa de Catalunya** <http://www.xtec.cat/~rmolins1/bios/>

**Astronomía 1609-2009** Artículos sobre hitos de la historia de la astronomía <http://www.elmundo.es/elmundo/2009/06/08/ciencia/1244457000.html>.

## Paisaje Celeste

*por Dr. Mariano Javier de León Domínguez Romero*

---

### 2.1. Presentación

Esta clase que les proponemos pretende destacar detalles de la distribución de los astros en el cielo y su representación mediante catálogos. Además se pretende relacionar los movimientos con descubrimientos históricos adquiridos previamente y los desarrollos teóricos que se inferen de los mismos.

---

### 2.2. Introducción

Mirando el cielo en una noche oscura, podemos pensar que podemos ver millones de estrellas en el cielo. Pero utilizando el ojo humano solamente podemos detectar cerca de 6000 estrellas. Como cerca de la mitad del cielo está por debajo del horizonte, solo podemos ver entonces aproximadamente 3000. Cuando la gente en la antigüedad miraba estas estrellas, imaginaban dibujos compuestos por grupos de estrellas. Los astrónomos aún nos referimos a estos agrupamientos, llamados constelaciones. Probablemente algunas sean familiares a los lectores, como la Cruz del Sur u Orión.

Muchas constelaciones derivan sus nombres de mitos y leyendas de la antigüedad. Aunque algunas se asemejan vagamente a las figuras que supuestamente representan, las historias de como llegaron a los cielos en diferentes culturas son interesantes y entretenidas. En la astronomía moderna el cielo entero está dividido en 88 regiones, cada una de las cuales es llamada una constelación. Algunas cubren una gran área del cielo, otras menos, pero cada estrella nebulosa o galaxia está asignada a una. Pero CUIDADO!, cuando uno mira el patrón en el cielo está tentado a pensar que están todas cerca entre si. Pero en realidad no están cerca dado que no apreciamos las diferentes distancias a las que se encuentran.

Si miramos el cielo la próxima noche, encontramos que el cielo es muy parecido pero no el mismo. Vemos las mismas estrellas, que salen por el este y se ponen en el oeste pero unos minutos antes que en la noche anterior. Si miramos de nuevo, después de un mes, las constelaciones visibles a alguna hora de la noche (digamos medianoche) serán notablemente diferentes; y luego de seis meses serán completamente diferentes. Solamente luego de un año el cielo volverá a tener la misma apariencia.

Por que el cielo experimenta el movimiento diurno? y que provoca el desplazamiento de las constelaciones de una noche a la siguiente? Como veremos en el curso, la respuesta de la primera pregunta es que la Tierra rota sobre su eje en un día , mientras que la respuesta a la segunda pregunta es que la Tierra también se mueve alrededor del Sol en un año.



En esta clase, les proponemos trabajar a partir de la contemplación de un video sobre la actividad usuales de un moderno observatorio astronómico. La observación del movimiento diurno (aparente) de los astros, permite entender el concepto de esfera celeste, así como de ciertos puntos importantes que podemos definir en ella: cenit, nadir, horizonte, etc. Ésta es una esfera ideal (imaginaria), sin radio definido (nos parece de radio infinito, pero a fines de cálculo se asume de radio unidad), concéntrica con el observador, en la cual aparentemente se mueven los astros. La misma nos permite representar las direcciones en que se hallan los objetos celestes (Ver Figura 1). El movimiento de la esfera celeste es aparente y está determinado por el movimiento de rotación de nuestro planeta sobre su propio eje. La rotación de la Tierra, en dirección Oeste–Este, produce el movimiento aparente de la esfera celeste, en sentido Este–Oeste. Como hemos mencionado anteriormente, a este movimiento lo podemos percibir de día, por el desplazamiento del Sol en el cielo, y en las noches, por el desplazamiento de las estrellas.



**Figura 2.1.** Esfera celeste, por ladigranada en flickr.

Los elementos que componen la esfera celeste son:

- Dirección de la vertical: se refiere a la dirección que marcaría una plomada. Si se observa hacia abajo, se dirigiría hacia el centro de la Tierra. Observando hacia arriba se encuentra el cenit.
- Cémit astronómico es el punto de la esfera celeste situado exactamente encima de nosotros, intersección de la vertical del lugar ascendiendo con la esfera celeste.
- Nadir, es el punto de la esfera celeste diametralmente opuesto al cémit.
- Horizonte astronómico, horizonte celeste o verdadero de un lugar es el plano perpendicular a la dirección de la vertical, plano circular o círculo máximo perpendicular a la vertical de lugar que pasa por el centro de la esfera celeste.
- Polo celeste es la intersección de la esfera celeste con la prolongación del eje de rotación terrestre (también llamado eje del mundo) hasta el infinito.
- Eje del mundo es el eje en torno al cual gira la esfera celeste.





Este cuadro de una esfera celeste rotante es adecuado para las observaciones a ojo desnudo y por mucho tiempo fue un modelo válido de cómo funciona el universo. Pero, actualmente reconocemos que la esfera celeste es un objeto imaginario que no tiene base en la realidad física. Sin embargo dicha esfera resulta una útil herramienta de la astronomía de posición. Dado que si imaginamos, como los antiguos, que la Tierra es estacionaria y que la esfera celeste rota alrededor de nosotros, es relativamente fácil especificar las direcciones de los objetos en el cielo y visualizar los movimientos de los mismos.

Desde la Tierra, los planetas lucen como estrellas. Venus es el planeta más brillante en nuestro cielo. Frecuentemente Venus, Marte, Júpiter y Saturno son también visibles en nuestro cielo nocturno. La gravedad del Sol los mantiene orbitando. La gravedad es una fuerza que atrae unos objetos hacia los otros. Los objetos más grandes gravitan más que los menores. Dado que el Sol es la mayor concentración de masa en el Sistema Solar, su gravedad atrae a la Tierra y los otros objetos del Sistema Solar e impide que los mismos se dispersen.

Los astrónomos no siempre comprendieron cómo funciona el Sistema Solar. En un tiempo (investigar cuando) creían que el Sol y los planetas giraban alrededor de la Tierra. Nicolás Copérnico, quien vivió hace ya 500 años, descubrió el modelo correcto. Utilizando telescopios, otros astrónomos descubrieron Urano y Neptuno, además de muchos satélites. La humanidad comenzó a enviar naves al espacio en los años 50, llevando cámaras y otros instrumentos. Algunas naves incluso llevan astronautas, que exploran el espacio y que han llegado hasta la Luna.

Las naves espaciales han tomado fotos de los planetas distantes y sus lunas. Además han recopilado información sobre los planetas y sus lunas (como temperatura y masa) y han ayudado a los científicos a comprender la composición de cada planeta, planetas enanos, cometas y asteroides. Diversas astronaves continúan explorando hoy el Sistema Solar y enviando información a los astrónomos. Para los astrobiólogos y científicos planetarios la investigación del agua, dónde se forma y dónde se encuentra es uno de los temas centrales. En Marte es donde esta búsqueda es más activa, ya que se sospecha que en algún momento este planeta tuvo agua en estado líquido (ver NASA Mars Exploration Program, <http://marsprogram.jpl.nasa.gov>).

Otro lugar sumamente estudiado en los últimos años es el planeta Saturno y sus lunas, por la nave espacial Cassini-Huygens lanzada en 1997 y ha permitido comenzar a estudiar su compleja atmósfera, así como el sistema de anillos y de sus lunas entre ellas la pequeña Encelado con su increíble actividad de géiseres (ver Jet Propulsion Laboratory, "Cassini-Huygens", <http://saturn.jpl.nasa.gov>).

Estudiando el cosmos a escalas más grandes es como hemos entendido como las estrellas, las galaxias y estructuras aún mayores se forman en el universo. Estos estudios abarcan desde mediciones excepcionalmente precisas de las impresiones en el fondo de microondas del Big Bang hasta el fascinante estudio de las intrincadas vidas estelares. Ellas contienen historias que describen el origen y futuro de nuestro propio sistema estelar y las violentas y energéticas vidas de peculiares objetos en el universo distante. Para observar esta vista cosmológica, tenemos que mirar el universo en las escalas más grandes.

Para ello utilizamos telescopios, en los últimos años los telescopios se han convertido en unos de los más avanzados instrumentos científicos jamás diseñados. Convirtiéndose desde arreglos rudimentarios de lentes en grandes máquinas ubicadas en enormes observatorios ubicados en las cimas de montañas muy altas y lejanas (por qué?).



---

### 2.3. Actividades

#### **Actividad Nro 2.1**

*Se realizará una visita a la biblioteca del Observatorio Astronómico Córdoba, con el objetivo de conocer las colecciones disponibles en especial la biblioteca abierta y programas como el de cajas viajeras.*

*Además se utilizarán libros y revistas científicas para identificar ciertos tipos de objetos astronómicos poco conocidos: lentes gravitacionales, exoplanetas, planetas enanos.*

---

### 2.4. Bibliografía

Los sitios web y programas asociados de Microsoft (<http://www.worldwidetelescope.org/webclient>) y Google ([http://www.google.com/intl/es\\_es/sky/](http://www.google.com/intl/es_es/sky/)) constituyen dos interesantes herramientas para acceder a numerosos datos observacionales.

<http://www.astronomia2009.es/Documentos/AdeAstronomas/cuadernos/Esferaceleste.pdf>



## Medición de ángulos y sistemas de coordenadas

por Dr. Mariano Javier de León Domínguez Romero

---

### 3.1. Presentación

Esta clase que les proponemos pretende constituirse en una nueva instancia de trabajo, en este caso con el objetivo de introducir los sistemas de coordenadas más utilizados en la astronomía de posición.

---

### 3.2. Introducción

Ya sea que los astrónomos estudien planetas, estrellas, galaxias o los orígenes del universo, necesitan conocer hacia dónde apuntar sus telescopios. Es por ello, que una importante parte de la astronomía se dedica a evaluar las posiciones de los objetos en el cielo. Los ángulos y sistemas de coordenadas son parte esencial de este aspecto de la astronomía.

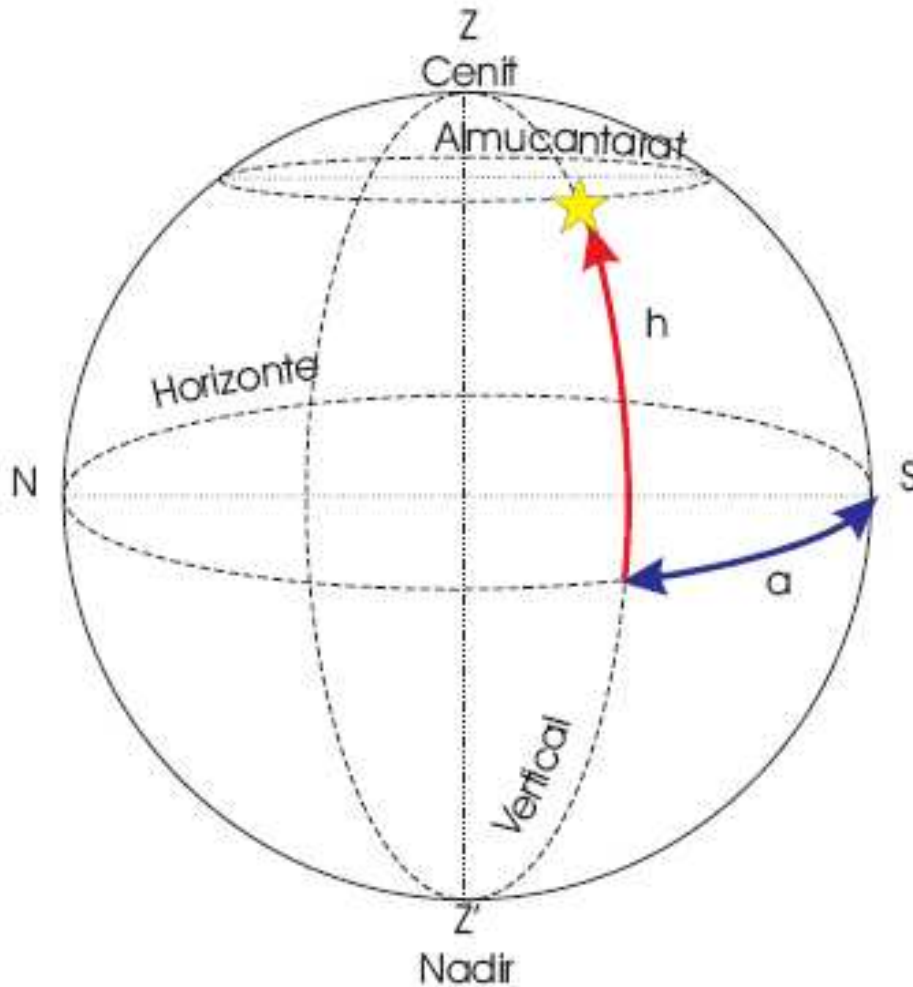
La unidad básica de medición de ángulos es el grado. Un círculo completo se divide en 360 grados y un ángulo recto mide 90 grados. Los astrónomos también utilizan las medidas angulares para describir el tamaño aparente de un objeto celeste. Por ejemplo el ángulo cubierto por el diámetro de la Luna es aproximadamente medio grado, por lo que decimos que el tamaño angular de la Luna subtiende un ángulo de medio grado. Para medir ángulos menores, subdividimos el grado en 60 minutos (también llamados minutos de arco o arcmin). Un minuto de arco se subdivide en 60 segundos de arco. Por lo que un minuto subtiende 3600 segundos. Si conocemos el tamaño angular de un objeto y su distancia, podemos determinar su tamaño real (medido en kilómetros).

#### *El sistema alta-azimutal*

Por siglos los navegantes y observadores casuales han utilizado un simple sistema de coordenadas. Este es el llamado sistema de azimut-elevación. El azimut es el ángulo medido sobre el horizonte entre el punto cardinal sur y el punto en el horizonte directamente debajo del objeto. Si un objeto está justo sobre nuestra cabeza su azimut no está definido. Este resulta positivo hacia el oeste. El rango de posibles valores es entonces: 90 grados (en el punto cardinal oeste), 180 grados (en el punto cardinal norte), 270 grados (en el punto cardinal este) y 360 grados (en el punto cardinal sur). El otro ángulo involucrado en la definición del sistema de coordenadas es la elevación o altura sobre el horizonte del objeto. Este ángulo puede ser tan pequeño como 0 grados cuando el objeto está sobre el horizonte o tan grande como 90 grados cuando el objeto está en el zénit del lugar. Alturas negativas corresponden a objetos por debajo del horizonte y pueden llegar a valer -90 grados. Algunos elementos de los sistemas de coordenadas celestes se pueden ver en la Figura 11.1. Cabe mencionar que este sistema



de coordenadas es local, por ejemplo, las posiciones de un misma estrella varían según la ubicación geográfica del observador.



**Figura 3.1.** Coordenadas alta-azimutales de una estrella. Esta figura ha sido tomada de la siguiente página web: <http://www.alucine.com/peques/seven.htm>

*El sistema ecuatorial*

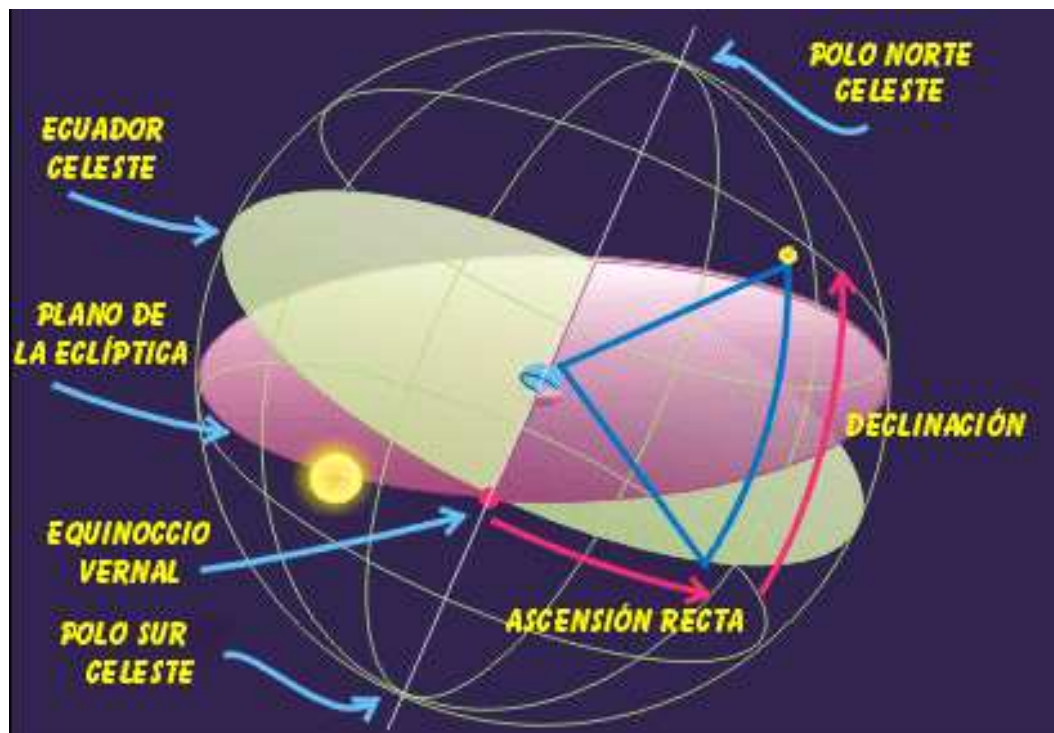
Este sistema de coordenadas en la esfera celeste a diferencia del anterior no es local y es análogo al sistema de coordenadas que utilizamos en la superficie de la Tierra (latitud y longitud), dado que esta basado en la orientación de la Tierra en el espacio. Si extendemos el eje de rotación de la Tierra, en aquellos puntos donde interseca la esfera celeste tenemos los polos celestes. Por otro lado, como vimos en el Capítulo 2, si extendemos el Ecuador, este interseca y corta la esfera celeste en dos hemisferios, formando el Ecuador celeste (Ver figura 11.2).

Existe un camino sobre la esfera celeste que es de gran importancia, este es el del Sol. Si el eje de rotación de la Tierra fuese perpendicular al plano de la órbita terrestre entonces el Sol se movería sobre el Ecuador celeste. Pero como el eje de rotación terrestre se encuentra inclinado respecto al plano orbital en un ángulo de 23,5 grados, el camino del Sol sobre la esfera celeste es un gran círculo llamado la Eclíptica, que esta inclinado 23,5 grados respecto del Ecuador. El Sol se mueve entonces sobre la eclíptica y pasa medio año en la mitad sur de la esfera celeste y la otra mitad en la mitad norte. Su camino cruza entonces dos veces el Ecuador: una vez en el llamado equinoccio de otoño



aproximadamente el 20 ó 21 de marzo, y otro en el equinoccio de primavera el 21 ó 22 de septiembre. Justo como una localización en la superficie de la Tierra tiene una latitud, definida como la distancia angular desde el Ecuador medida hacia los polos, una estrella tiene una declinación (DEC) medida como un ángulo positivo o negativo según la estrella esté en el hemisferio norte o sur respectivamente. En el hemisferio norte la estrella polar se encuentra muy cerca del polo celeste norte, mientras que en el hemisferio sur no tenemos estrellas brillantes cerca del polo sur celeste.

En la Tierra definimos las posiciones además utilizando la longitud. Sin embargo existe un meridiano arbitrario de longitud cero, que pasa por un importante observatorio: el observatorio real de Greenwich en Londres. Como mencionamos anteriormente, el Sol encuentra en su camino dos puntos bien definidos sobre el Ecuador celeste que pueden ser utilizados como punto cero de la segunda coordenada: la Ascensión Recta. Estos puntos donde la eclíptica cruza el Ecuador son llamados equinoccios, y aquel donde el Sol se mueve desde el hemisferio sur al norte es el elegido como punto cero y es llamado punto vernal o primer punto de Aries, por ser ésta la constelación donde se encuentra. Las posiciones son medidas hacia el este desde el punto vernal para dar la Ascensión Recta. Sin embargo la Ascensión Recta no se mide en grados sino en unidades de tiempo (horas). Como la esfera rota 360 grados en 24 horas, la esfera celeste se divide en 24 segmentos cada uno equivalentes a 15 grados sobre el Ecuador celeste.



**Figura 3.2.** Sistema de coordenadas ecuatoriales. Esta figura ha sido tomada del proyecto académico con el radiotelescopio de la NASA en Robledo, España.

Cabe destacar que existen otros sistemas de coordenadas en la esfera celeste, como las coordenadas galácticas y que es posible calcular relaciones matemáticas para pasar de un sistema de coordenadas a otro y viceversa de forma unívoca.



### *3.3. Actividades*

#### ***Actividad Nro 3.1***

*Se utilizarán recursos informáticos para enfatizar y visualizar los conceptos básicos de los sistemas de coordenadas en la esfera celeste introducidos. Particularmente se introducirán y utilizarán scripts en lenguaje Java.*

## El Aula Virtual - TICs

por Lic. Ileana N. Gómez

---

### 4.1. Presentación

En esta clase les propongo conocer el aula virtual, basada en una plataforma de open source, la Plataforma Moodle, allí encontrarán distintas herramientas y recursos útiles para esta capacitación. La propuesta de trabajo está planteada a través del aula-taller y el blend learning, es decir instancias presenciales y virtuales de aprendizaje.

---

### 4.2. Introducción

En la actualidad la llamada Sociedad de la Información y el conocimiento (SIC) se caracteriza por el cambio realizado desde el pasaje de la era industrial a la era digital. Los principales rasgos que la distinguen son que la nueva era no solo es planetaria o global, que no solo se genera y se comparte cada vez más información, sino que con las herramientas de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) se facilitan al mismo tiempo la creación y transmisión de información y conocimiento. Se observa la desmaterialización, la digitalización, el peso creciente de lo intangible y que las personas cada día están más conectadas en red. Todo tiende a estar en tiempo real; el movimiento, la aceleración y la instantaneidad reinan. Susana Finkelievich afirma que “En la Sociedad del conocimiento (SC) los contenidos serán progresivamente multimediales e hipertextuales. La convergencia de la informática, las telecomunicaciones y los contenidos realimentarán el cambio de modo impredecible. En este mundo netamente experiencial, todo será móvil, pero todo será trazable. El uso y el acceso serán más relevantes que la propiedad.”

Es por ello que se observa como las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación (TIC) están dando lugar a profundas transformaciones socioculturales que afectan tanto a las sociedades y a sus gobiernos, como a sus industrias, sus comunidades y sus individuos. Frente al escenario mundial de concentración y exclusión, es vital que estas nuevas tecnologías, y las oportunidades que ellas crean, puedan ser usadas para tener acceso al conocimiento, crecimiento y al desarrollo. Así es que la incorporación de las TIC en la sociedad en general, y en la educación en particular, se encuentran ligadas con políticas de equidad e inclusión en las escuelas. Lo cual se observa ya plasmado en el espíritu de la nueva ley de Educación Nacional. La Ley de Educación N.26206 considera como fines y objetivos de la política educativa nacional el desarrollo de las competencias necesarias para el manejo de los nuevos lenguajes producidos por las tecnologías de la información y la comunicación (TICs). La propuesta de esta capacitación es su utilización como medios, herramientas y recursos.

En este Taller ingresarán y conocerán el Aula Virtual alojada en la Plataforma Moodle. La palabra “Moodle”, es un acrónimo de *Modular object oriented dynamic learning*, cuya traducción es: “un entorno de aprendizaje modular, dinámico y orientado a objetos”. Una segunda acepción sugiere un deambular en forma placentera. Moodle fue creada en 1999 por Martín Dougiamas, inspirado en teorías constructivistas y es un software de open source. En dicha plataforma se encuentra el Aula Virtual en la cual trabajaremos en esta capacitación. Los invito a ingresar al aula virtual para lo cual deberán realizar los siguientes pasos:

1. Ingresar a [www.oac.uncor.edu](http://www.oac.uncor.edu)
2. Hacer click en el ícono Moodle ubicado en la columna izquierda de la página web.



Figura 4.1. Página web del Observatorio, en el cual se encuentra el link al Aula Virtual.



Esto lo llevará a las Aulas Virtuales:



Figura 4.2. Aula virtual, ubicación.

Allí encontrará el curso "Astronomía en el Aula". Haga click en Astronomía en el Aula lo cual le brindará una nueva ventana para que pueda entrar al sitio. En esta ventana deberá incluir su DNI, tanto en nombre de usuario como en contraseña.



Figura 4.3. Usuario.



En el aula virtual encontraremos en la columna izquierda: Foros, Recursos y Tareas. En todo momento se pueden comunicar con los docentes y sus pares a través de mensajes. Pueden plantear sus inquietudes e incluso solicitar ayuda acerca de algún tema al realizar las actividades no presenciales. Por lo cual les solicito que vayan al Foro de Inicio y se presenten, para que de este modo puedan comenzar a interactuar con los colegas.

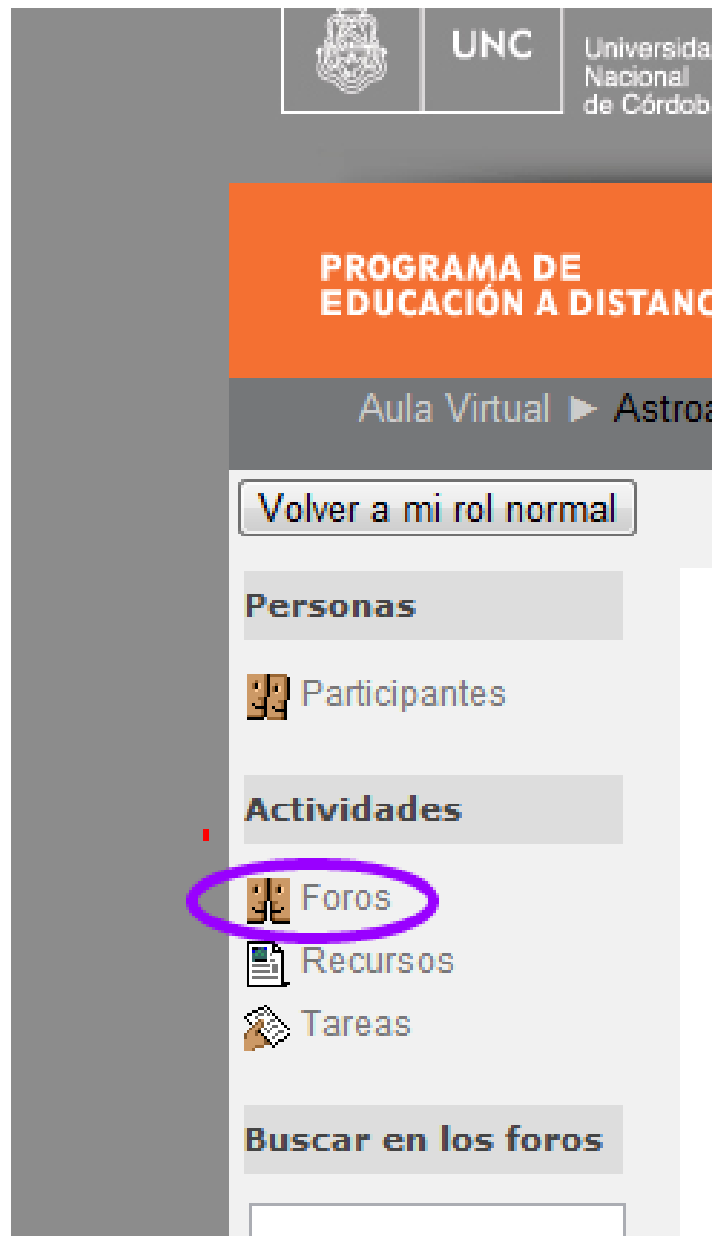


Figura 4.4. Foro.



En Tareas, se encuentran las actividades no presenciales que deben realizar.

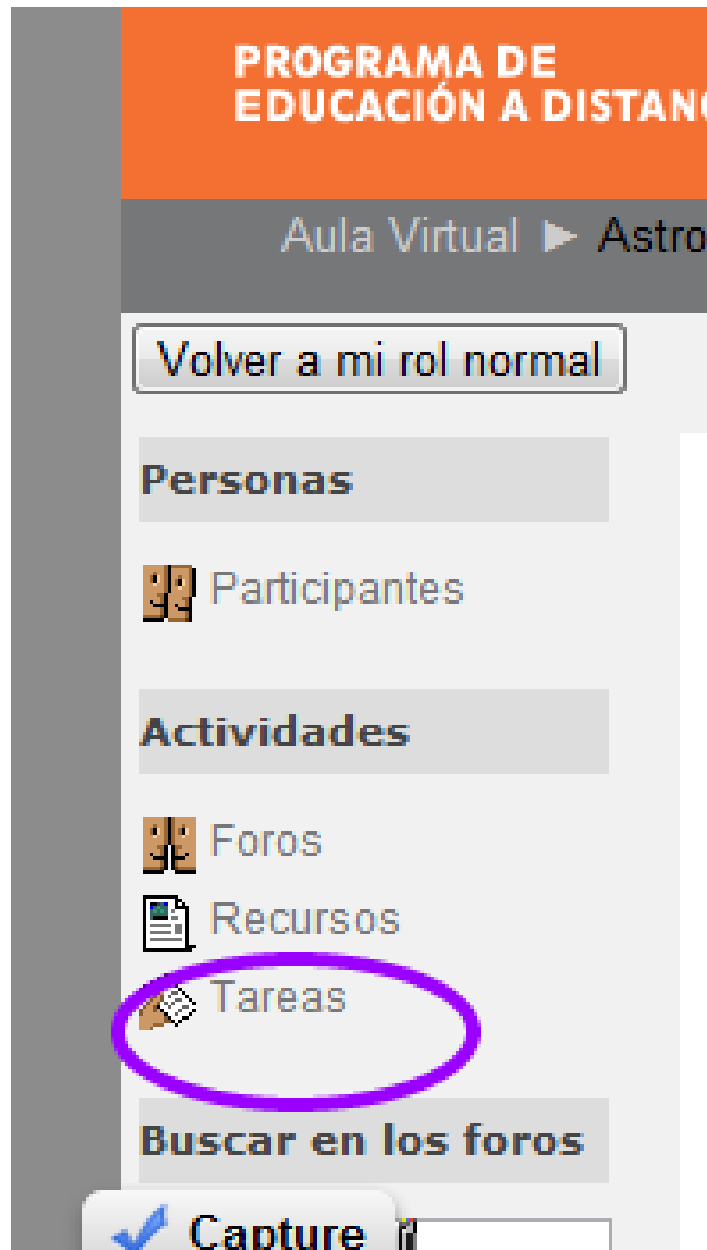


Figura 4.5. Actividades No presenciales.

Una vez que hayan realizado la Actividad no presencial, deberán subirla al aula para su corrección. Para lo cual tienen que ingresar al aula virtual y seleccionar Tarea y la que corresponda. En la

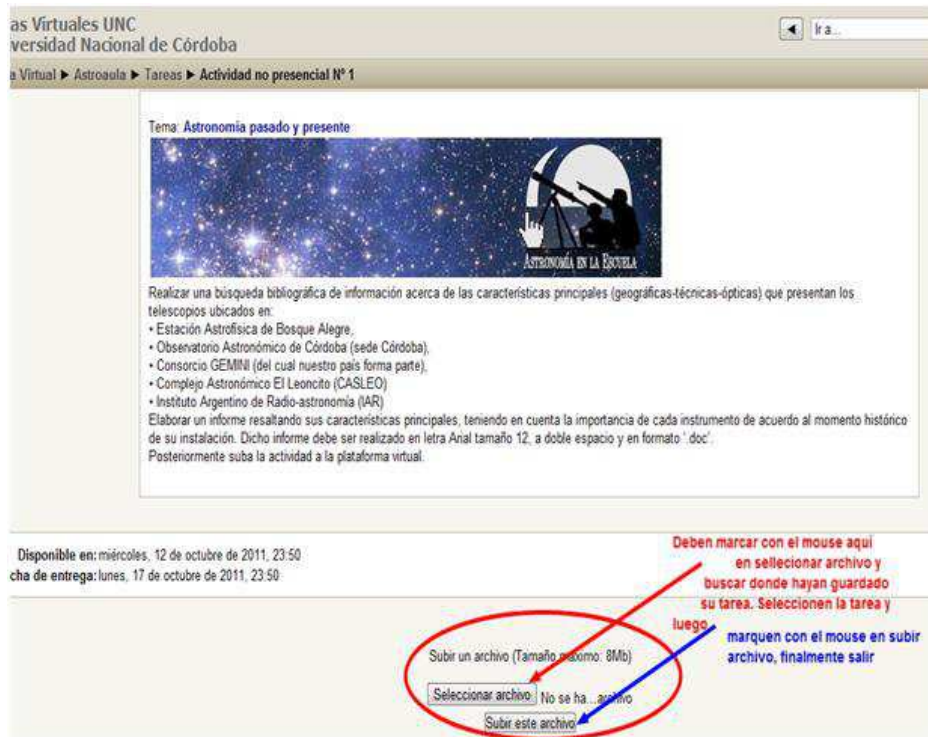


Figura 4.6. Subir la Tarea.

parte central del Aula, encontrarán las clases, informaciones, etc. La idea del Curso es incorporar las Tecnologías a través de nuestras prácticas potenciando la enseñanza y el aprendizaje.

### 4.3. Bibliografía

Area Moreira: “los docentes y la formación en tics: más complejo que aprender a manejar los aparatos” disponible en:

<http://ordenadoresenlaaula.blogspot.com/2008/02/los-docentes-y-la-formacin-en-tic-ms.html>

Area Moreira, M. “Los medios y materiales impresos en el currículo” En Sancho Gil Juana (coord.).

Area Moreira: “Los medios de enseñanza: conceptualización y tipología” documento elaborado para la asignatura de Tecnología educativa.

Bates, A. “Como gestionar el cambio tecnológico”. Barcelona: Gedisa Editorial.

Fainholc Beatriz (2006). Optimizando las posibilidades de las tics en educación. Buenos Aires, Arg.

Finquelevich Susana y Prince Alejandro (2006). Universidades y tics en Argentina: Universidades Argentinas en la Sociedad de la Información. 1<sup>o</sup> edición. Bs.As. 2006

Gallego D. y Alonso C. (1995). Sistemas multimedia, en Tecnología educativa. Nuevas tecnologías aplicadas a la educación. Pág 165 a 186.

Guía para la Evaluación de Programas en Educación. Dirección Nacional de Información y Evaluación de la Calidad Educativa Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología – ARGENTINA

## Distancias en Astronomía

por Dr. Carlos Bonancini

---

### 5.1. Presentación

La determinación de distancias en Astronomía siempre ha sido un desafío. En esta clase vamos a analizar algunos métodos utilizados para la determinación de las distancias a la Luna, los planetas, estrellas, y galaxias; comenzando con la determinación de las dimensiones de la Tierra.

---

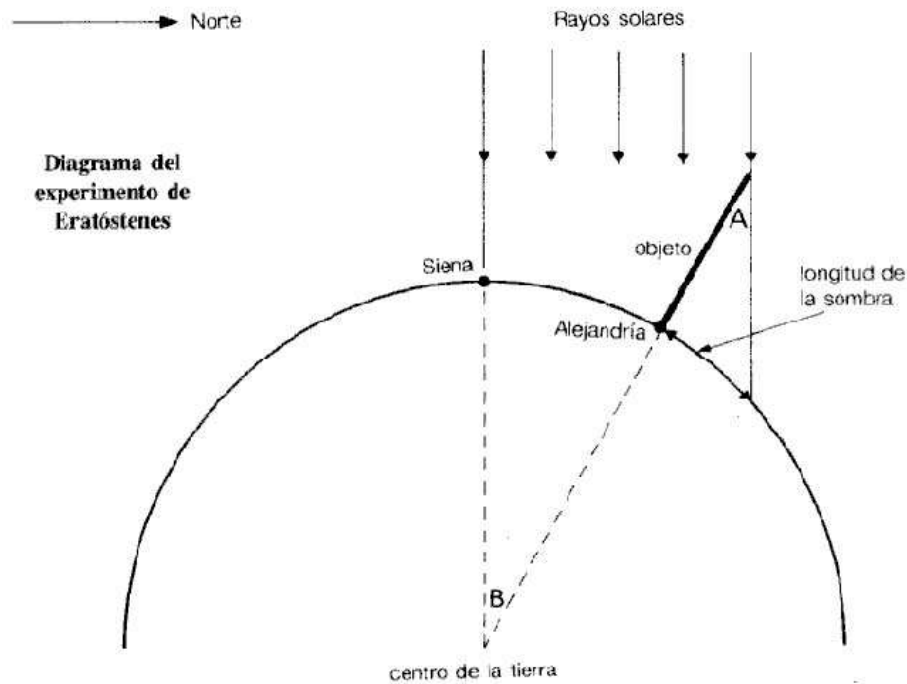
### 5.2. Dimensiones de la Tierra

Las primeras estimas sobre la dimensión de la Tierra fue llevada a cabo por el matemático, astrónomo y geógrafo griego Eratóstenes (276 a.C-194 a.C). Eratóstenes había leído un manuscrito, en la biblioteca de Alejandría en Egipto, en donde mostraba que en Siena (hay Asuán, Egipto) una varilla colocada en foma vertical no producía sombra, en el solsticio de verano. Mientras que en Alejandría, ese mismo día, los rayos del sol producían una sombra. Eratóstenes supuso que este efecto se debía a que la Tierra era redonda y que Siena y Alejandría tenían la misma longitud (realmente distan  $3^\circ$ ). Consideró además, que el Sol se encuentra tan alejado de la Tierra que sus rayos inciden de forma paralela sobre la superficie terrestre. Eratóstenes midió el ángulo producido por la sombra de la varilla y la distancia entre Siena y Alejandría, la cual resultó de unos 792 km. El ángulo se correspondía con 1/50 parte del total de la cicunferencia, es decir unos  $7^\circ$  (Ver Figura 5.1). Mediante un simple cálculo matemático, Eratóstenes midió que el radio de la Tierra era de unos 6304 km, una medida bastante acertada respecto de las mediciones actuales (6378 km). El cálculo matemático fue el siguiente: si 792 km subtienden un ángulo de  $7^\circ$ , entonces la circunferencia completa ( $360^\circ$ ) sería igual a  $(360^\circ \times 792 \text{ km}) / 7^\circ$ . De esta manea calculamos el perímetro de la cicunferencia. Sabiendo que esta vale  $2\pi r$ , entonces podemos calcular el radio de la Tierra.

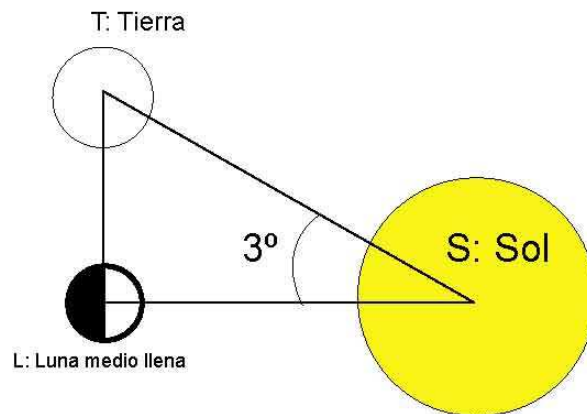
---

### 5.3. Distancia Tierra-Sol

Un matemático y astrónomo griego, Aristarco de Samos fue el primero en proponer que la Tierra giraba alrededor del Sol y la Luna alrededor de la Tierra. Éste determinó con un método muy ingenioso la distancia entre la Tierra y el Sol. Cuando en un lugar la Luna se presenta en cuarto menguante o en cuarto creciente tenemos la siguiente configuración (ver Figura 5.2): se forma un triángulo rectángulo con los vértices en el centro de la Luna, la Tierra y el Sol. Aristarco midió que el ángulo entre la visual dirigida al centro del Sol y al centro de la Luna es de  $87^\circ$ . Sabiendo que la suma de los ángulos



**Figura 5.1.** Método de Eratóstenes para encontrar el radio de la Tierra (<http://bio-guillem-d-alcala.wikispaces.com/Erat%C3%B3stenes>).



**Figura 5.2.** Método de Aristarco de Samos para calcular la distancia Tierra-Sol (<http://navegandoentrenumeros.blogspot.com.ar/2011/06/distancia-tierra-sol.html>).

interiores de  $180^\circ$ , Aristarco encontró que el ángulo formado en el centro del Sol por las direcciones entre la Tierra y la Luna es de unos  $3^\circ$ . A partir de allí, usando fórmulas trigonométricas se puede determinar la distancia Tierra-Sol, de esta manera:

$$\text{seno}(3^\circ) = \frac{\text{distancia Tierra - Luna}}{\text{distancia Tierra - Sol}} \quad (5.1)$$

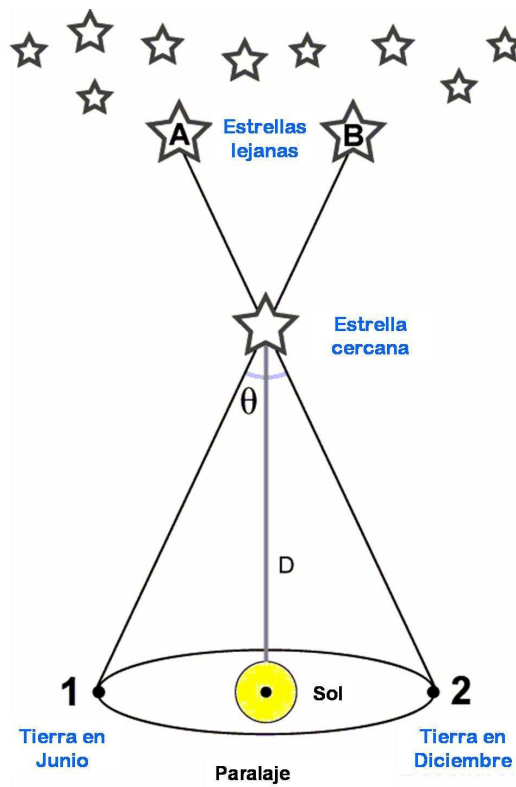
Aristarco encontró que el Sol estaba a una distancia de entre 18 a 20 veces la distancia Tierra-Luna. Estos valores difieren de los actualmente admitidos, debido a los errores en la medición de los ángulos.



Hoy sabemos que la distancia Tierra -Sol es casi 344 veces mayor que la distancia Tierra-Luna, cuando la Luna está en cuarto creciente o menguante.

#### 5.4. Distancias a las estrellas

La distancia entre nuestro Sol y las estrellas se determina por medio de un efecto que se denomina *paralaje*. Supongamos que en una época del año, por ejemplo en diciembre, observamos una estrella cercana. Respecto de las estrellas lejanas, que podemos considerar como fijas, vamos a observar la posición de esa estrella, proyectada en la dirección A, ver Figura 5.3. Seis meses después, en junio, al



**Figura 5.3.** Método de la paralaje para la determinación de distancias a las estrellas. Imagen modificada de <http://physics.weber.edu/carroll/expand/parallax.htm>.

encontrarse la Tierra en el otro extremo, si se observa la misma estrella la vamos a ver proyectada sobre el fondo de estrellas, en la posición B. en esta configuración tenemos un triángulo rectángulo, con vértices en el Sol, La Tierra y la estrella. El ángulo  $\theta$  se denomina *paralaje*. De esta manera se define el *parsec*, como la distancia a la que estaría una estrella cuya paralaje sea de  $1''$  de arco. Definimos la *unidad astronómica (ua)* como la distancia media entre el Sol y la Tierra. Entonces tenemos:

$$1 \text{ pársec} = 206.265 \text{ ua} = 3,2616 \text{ años luz}$$

Si medimos en ángulo  $\theta$  en segundos de arco, la distancia a las estrellas en pársecs sería:

$$d(\text{pc}) \sim \frac{1}{\theta} \quad (5.2)$$

Existe otra relación para calcular la distancia a las estrellas en término de su magnitud:

$$M = m + 5 - 5 \log_{10}(d) \quad (5.3)$$



Donde  $m$  es la magnitud aparente del objeto y  $M$  es la magnitud absoluta, la cual se define como la magnitud que tendría un objeto al ser visto a una distancia de 10 pc. Si se reemplaza la distancia por el valor del paralaje en segundos de arco, tenemos:

$$M = m + 5 + 5\log_{10}(\theta) \quad (5.4)$$

### 5.5. Distancias a las galaxias

Diversos estudios muestran que nuestra galaxia, la Vía Láctea, tiene una forma espiral, con una concentración de estrellas en su parte central, en forma de barra. El diámetro total es de uno 30 kpc, aproximadamente 100.000 años luz. El Sol es una estrellas más dentro de las 400.000 millones de estrellas aproximadamente, que contiene nuestra galaxia, estando a una distance de 8.5 kpc del centro galáctico (ver Figura 5.4).

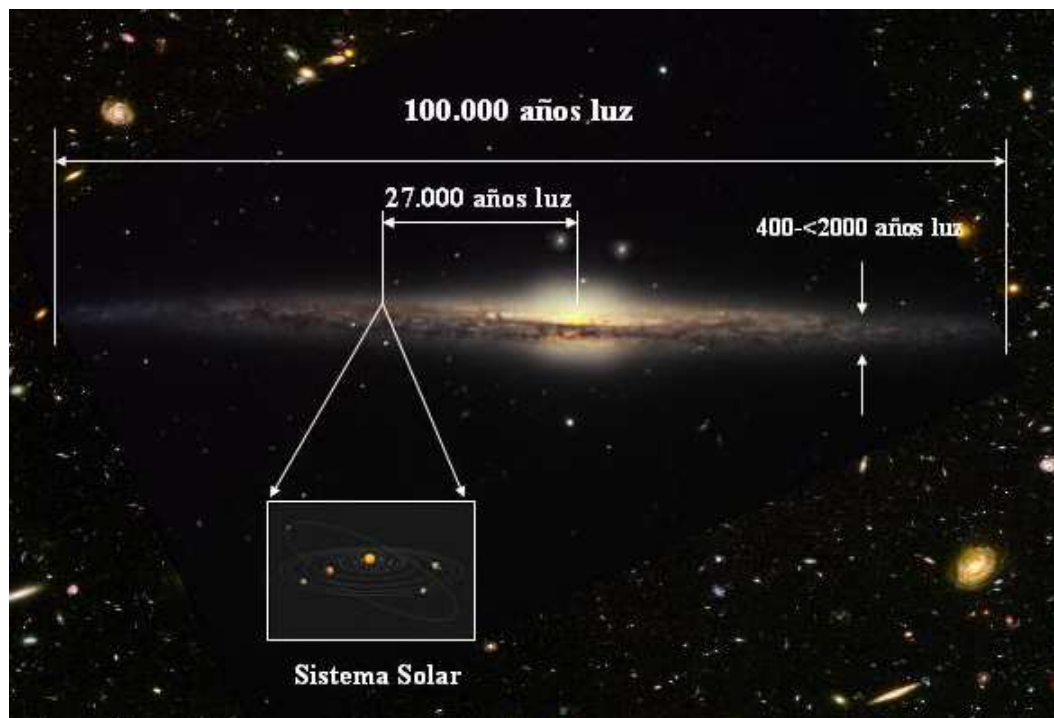


Figura 5.4. Dimensiones de la Vía Láctea

### 5.6. Actividades

#### Actividad Nro 5.1

Conociendo el radio de la Tierra ( $L=6378$  km) calcular la distancia máxima que puede llegar a ver una persona de altura "a". Realizar el mismo ejercicio anterior, pero para el caso de la Luna, sabiendo que el radio lunar mide 1737 km.

#### Actividad Nro 5.2

Asumiendo que la distancia de la Tierra al Sol es de 10 cm, dar la distancia de la Tierra al Sol, a los planetas y a la estrella mas cercana (Alpha Centauro). Para ello usar las unidades metros y

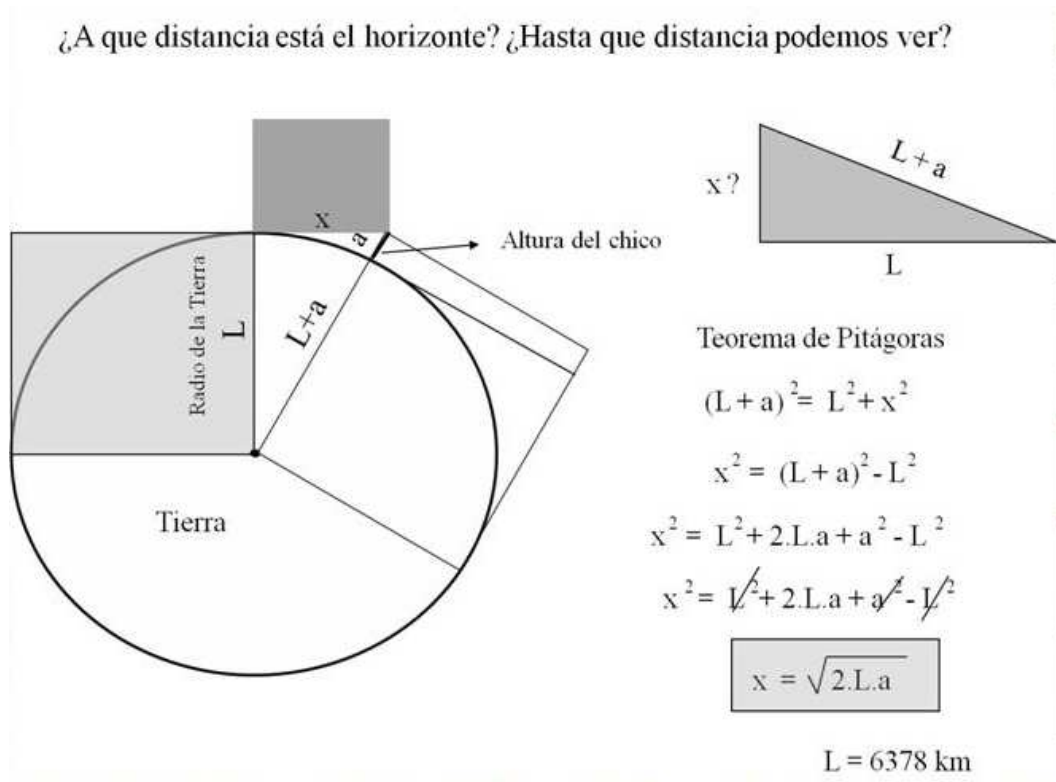


Figura 5.5. Método para calcular la distancia máxima sobre el horizonte

kilómetros si es necesario.

**Actividad Nro 5.3**

Encontrar las distancias en pársec y en años luz de los siguientes objetos cuyos paralajes son: 0",5; 0",1; 0",05; 0",01; 0",005; 0",001.

**Actividad Nro 5.4**

Tau Ceti es una estrella de tipo Solar. Su magnitud aparente es  $m = 3.50$  y su magnitud absoluta  $M = 5.72$ . Encontrar la distancia en pársec. ¿Cuánto tiempo tardaría una señal de radio en llegar a esta estrella?

**Actividad Nro 5.5**

Suponiendo que el ojo humano solo puede ver un objeto hasta magnitud 6. Si tomamos un viaje en una nave espacial, ¿hasta qué distancia máxima podríamos ver el Sol? Tomar  $M=4,84$ . Expresar el resultado en pársec y en años luz.

**Actividad Nro 5.6**

Ahora, asumiendo que la distancia al Sol y Alpha Centauro es de 10 cm, dar la distancia del Sol al centro de la Galaxia y a la Galaxia Andrómeda. Con esta escala también dar las dimensiones de nuestra Galaxia.

**Actividad Nro 5.7**

Ahora, asumiendo que la distancia de Andrómeda y el centro de la Vía Láctea es de 10 cm, calcular la distancia al cúmulo Virgo.



---

### 5.7. Bibliografía

- Kippenhahn, Rudolf. 1993. “Cien mil millones de soles”: estructura y evolución de las estrellas. Salvat editores.
- Rojo, Alberto. 2007. “La Física en la vida cotidiana”. Colección “Ciencia que ladra...”. Universidad Nacional de Quilmes Editorial.



## Tiempo y Calendarios

por Dr. David C. Merlo

---

### 6.1. Presentación

En esta clase realizamos una breve revisión del concepto de tiempo utilizado en Astronomía, como fue apareciendo en la historia misma de la Humanidad, y como fue el proceso de construcción hasta las definiciones actuales. Asimismo se presenta la diversidad de calendarios aparecidos históricamente, los cuales forman parte de una actividad de análisis retrospectivo.

---

### 6.2. Un poco de historia

#### *Los inicios...*

Desde los albores mismos de la humanidad, siempre cautivó y llamó la atención al hombre las distintos cielos que se presentaban en la jornada y mientras transcurrían los mismos. Sin embargo, a pesar de los cambios observados, advirtió luego de incesantes observaciones llevadas a cabo generaciones tras generaciones, que ciertas configuraciones se repetían periódicamente. Estos fenómenos celestes repetitivos permitieron, entre otras cosas, regular las distintas y primitivas actividades humanas, tales como la agricultura y la ganadería. Con el paso del tiempo, la necesidad de sistematizar los patrones de la duración de las actividades y la ocurrencia de los distintos tipos de evento condujo a la construcción del concepto de TIEMPO. Si buscamos el significado actual de tiempo, por ejemplo accediendo al diccionario virtual de la *Real Academia Española* (<http://www.rae.es>), podremos encontrar doce acepciones diferentes: duración de las cosas sujetas a cambios, magnitud física que ordena secuencias de eventos, alguna época histórica, oportunidad, estado atmosférico, entre otros.

#### *Tiempos antiguos*

Las primeras mediciones del tiempo se hicieron a partir de observaciones astronómicas y durante mucho tiempo el cielo fue el instrumento principal de esa medición. Algunos, de los innumerables ejemplos que nos legaron arqueológicamente, son el Observatorio Maya (Méjico), el Jantar Mantar (India) y Stonehenge (Reino Unido). En ellos se recurrían a los fenómenos físicos que se repetían de forma periódica y aprovechar su regularidad para construir instrumentos que midieran intervalos de tiempo. El primer *reloj* que estuvo a la disposición del hombre fue la alternancia entre el día y la noche, es decir, el día solar.

#### *Tiempos modernos*

Cuando la tecnología empezó a surgir progresivamente, aparecieron inventos cada vez más sofisticados que permitieron *observar* lapsos de tiempo, a saber:



- Calendarios: para registrar días, años y siglos.
- Clepsidras: relojes de agua.
- Velas: relojes de fuego.
- Cuadrantes: relojes que utiliza la variación diaria de la sombra del sol sobre una varilla.
- Relojes de arena: acción mecánica en la caída de granos de arena.
- Campanas: relojes de sonido.

Luego algunos inventos contribuyeron fuertemente en este sentido, tales como el primer reloj astronómico diseñado por Giovanni Dondi en 1364, el reloj de péndulo inventado por George Graham en 1721, el reloj de pulsera aparecido en Nápoles (Italia) en 1812, el reloj eléctrico inventado por Henry Warren en 1914.

Luego aparecieron instrumentos que medían períodos más cortos de tiempo (minutos y segundos), tales como relojes de péndulo, mecánicos, a cuerda para finalizar en los actuales relojes atómicos tales como los de cesio, cuya precisión se mantiene durante 30000 años, en los cuales un segundo dura exactamente 9.192.631.770 oscilaciones del cristal, que lo forma.

---

### 6.3. Escalas de Tiempo

En Astronomía se usan fundamentalmente dos tipos de escalas de tiempo: las obtenidas a partir de relojes muy precisos y las que se basan en la orientación de la Tierra. Las comparaciones entre cientos de relojes atómicos permiten la obtención de una escala temporal muy uniforme: el Tiempo Atómico Internacional (TAI), basado en el segundo del Sistema Internacional de unidades (SI).

También en Astronomía, por razones de continuidad con escalas anteriores, se suele utilizar el Tiempo Terrestre (TT) en lugar del TAI. El TT difiere en una cantidad fija (32,184 segundos) del TAI, pero también se basa en el segundo (SI), por lo que podemos obtener el uno a partir del otro mediante una simple suma o resta.

Todas las escalas de tiempo obtenidas a partir de relojes precisos se basan conceptualmente en el tiempo propio terrestre de la Relatividad General, y se pueden relacionar con las coordenadas temporales de los modelos físicos del Sistema Solar o la Galaxia. Es decir, que el TT/TAI está vinculado con el tiempo de las ecuaciones de la Física. Por otro lado, las actividades cotidianas han empleado tradicionalmente escalas de tiempo basadas en la rotación de la Tierra.

Conceptos como el mediodía o la medianoche están vinculados con la orientación de la Tierra con respecto al Sol. En la actualidad, se emplea una familia de escalas de tiempo que se llama Tiempo Universal (UT), el cual reemplaza al antiguo Tiempo Medio de Greenwich (GMT). El UT viene definido por el movimiento aparente promedio del Sol (que es resultado de la rotación terrestre, combinada con el movimiento de la Tierra alrededor del Sol). Dependiendo de cómo definamos ese promedio, existen diversas variantes del UT (como el UT0, el UT1 o el UTC), aunque a no ser que necesitemos una precisión mejor que 1 segundo podemos hablar simplemente de "UT".

Mientras que las escalas como el TAI se obtienen a partir de relojes atómicos, el UT se determina a partir de observaciones astronómicas y geodésicas. Dado que la rotación de nuestro planeta es irregular, el Tiempo Universal se desplaza con respecto al TT y el TAI. Esto viene motivado por diversos factores, entre ellos las mareas. En la actualidad, la diferencia entre TT y UT es de poco más de un minuto. Para conciliar nuestros horarios naturales (UT) con las escalas de tiempo altamente uniformes como el TAI, se define una variante del UT que se llama Tiempo Universal Coordinado



(UTC), basada (al igual que el TAI) en el segundo del SI, pero definida de forma que no difiera del UT1 en más de 0,9 segundos. Para conseguirlo, se introducen correcciones de un segundo en el UTC a medida que las observaciones así lo aconsejan. Por ejemplo, se introdujeron esas correcciones en diciembre de 2005 y en diciembre de 2009. Las horas oficiales de los distintos países se basan en el UTC. Mediante la aplicación del correspondiente huso horario, si tenemos una hora expresada en UTC podemos obtener inmediatamente la hora oficial correspondiente. Por ejemplo, en el caso de Córdoba la UTC debe sumarle tres horas. En Argentina, el UTC se corresponde con la hora oficial.

¿Por qué no utilizar siempre el UT/UTC en las efemérides astronómicas, en lugar del TT? La diferencia entre UT/UTC y TT/TAI no se puede predecir con exactitud, y menos su evolución a largo plazo. Cuando no se requiere una gran precisión, las efemérides referidas a los tiempos actuales suelen utilizar el UT para dar los horarios, sin embargo para el futuro o para el pasado (exceptuando los últimos siglos) es conveniente emplear el TT, ya que no podemos conocer la diferencia UT-TT con suficiente precisión, y cuantos más siglos nos separemos del presente, más incertidumbre habrá.

#### 6.4. Definiciones de Tiempo

##### *Tiempo Sidéreo*

Es el tiempo medido por el movimiento diurno aparente del punto vernal  $\gamma$ , el cual se aproxima al movimiento de las estrellas. De forma más precisa: el tiempo sidéreo se define como el ángulo horario del punto vernal  $\gamma$ . Cuando el equinoccio vernal culmina en el meridiano local o del observador, el tiempo sidéreo local es 00:00:00.0.

##### *Tiempo Solar Medio*

Consiste en el lapso existente entre el paso consecutivo del Sol medio por el meridiano superior del lugar, siendo un promedio del día solar verdadero. Se corresponde con el tiempo civil que utilizamos diariamente. Se trata fundamentalmente de un tiempo local, ya que depende de la observación del paso consecutivo del Sol medio por el meridiano de cada lugar. Este fenómeno hace ver que depende fundamentalmente de la longitud del lugar de observación (todos los sitios con la misma longitud -con independencia de la latitud en la que se encuentren- poseen el mismo tiempo solar medio).

##### *Tiempo Solar Medio y Tiempo Solar Verdadero*

El tiempo solar es una medida del tiempo fundamentada en el movimiento aparente del Sol sobre el horizonte del lugar. Toma como origen el instante en el cual el Sol pasa por el Meridiano del Lugar, que es su punto más alto en el cielo (mediodía). Pero... el Sol no tiene un movimiento regular a lo largo del año (leyes de Kepler), y por esta razón el tiempo solar se divide en dos categorías. El tiempo solar verdadero, en cambio, está basado en el día solar verdadero (intervalo entre dos pasajes sucesivos por el meridiano), es de medición directa. El tiempo solar medio está basado en un sol ficticio que viaja a una velocidad constante a lo largo del año, se coordina mediante el Tiempo Medio de Greenwich. Presentan duraciones diferentes, ya que nuestro planeta es más veloz cuando se acerca al Sol y es más lento cuando se aleja de él. El día solar es más corto aproximadamente el día 15 de septiembre y es más largo el 22 de diciembre. La diferencia entre ellos constituye la llamada Ecuación de tiempo.

##### *Tiempo sidéreo y Tiempo solar medio*

Supongamos que en un instante dado el punto vernal  $\gamma$  y el Sol medio culminan simultáneamente. Al pasar el tiempo ambos puntos avanzan en el sentido de las agujas del reloj aunque, siendo el Sol medio más lento, se retrasaría debido a su movimiento propio uniforme anual. De esta forma se tendría que



al día siguiente el Sol medio llegaría al meridiano superior más tarde que el punto  $\gamma$ , y cuando el Sol medio haya logrado llegar al meridiano, el punto  $\gamma$  ya habrá descrito el arco A.

Entonces se puede definir el día solar medio como la composición de un día sidéreo más una fracción de día equivalente al aumento de la Ascensión Recta del Sol medio en un día solar medio.

#### *Tiempo Civil y Tiempo Solar Medio*

En este caso, el tiempo civil es el tiempo solar medio aumentado en 12 horas: el cambio de un tipo de sistema horario a hora oficial se hace mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Hora oficial} = \text{Hora Solar Verdadera} + \text{Ecuación de Tiempo} + (\lambda_{\text{lugar}} - \lambda_{\text{huaso}}) \times 4^m$$

### 6.5. Calendarios

La repetición periódica de las fases lunares dio origen al establecimiento de los primeros calendarios. Históricamente se introdujeron 3 divisiones del tiempo:

- Día -- > relacionado con el hambre y el sueño.
- Mes -- > asociado con las fases lunares.
- Año -- > vinculado con las estaciones, dependiendo del lugar en el planeta, ya que en
  - latitudes intermedias se tiene cuatro estaciones,
  - latitudes tropicales solo existen dos estaciones (seca y lluvia),
  - Egipto hay tres estaciones, en clara simbiosis con el comportamiento del Río Nilo.

#### *Calendarios lunares*

Siempre la Luna y su aspecto cambiante cautivaron la fantasía humana mucho más que el Sol, ya que este último se mantenía invariable mientras era observable, aunque si se comprendía que el tiempo de permanencia sobre el horizonte no era constante, produciendo los cambios climáticos estacionales. Por ello no es de extrañar que los primeros calendarios fueran lunares, los cuales eran simples y fáciles de recordar. El principal problema que surgió fue el de relacionar ciclos lunares con la duración del día, como así también el establecimiento de un punto de partida u origen de medición. Se consideró más simple establecer el principio del mes cuando la Luna iniciaba su fase de cuarto creciente, pero a veces resulta muy difícil identificarla. Otro aspecto que influye la visibilidad lunar es la latitud del observador, ya que para valores elevados nuestra luna se encuentra más baja y cerca del horizonte, pudiendo estar frecuentemente oculta por neblinas; en tanto en zonas ecuatoriales, como la eclíptica se encuentra casi a  $90^\circ$  del horizonte esto no ocurre. Asimismo, en latitudes intermedias el tiempo transcurrido entre la conjunción Luna-Sol (misma longitud celeste) y la primera hoz lunar varía entre los dos equinoccios, tomando valores entre  $16,5^h$  y  $42^h$  determinado por los Babilónicos y entre  $23^h$  y  $69^h$  medido por los griegos. Ello condujo a que el inicio del mes fuera bastante subjetivo. Hoy sabemos que el periodo sinódico lunar es de  $29,53^d$ , razón por la cual (salvo convenciones futuras) los meses deberían durar entre 29 y 30 días.

#### *Calendarios lunisolares*

Los pueblos agrícolas necesitaban sincronizar el ciclo lunar con el correspondiente a las estaciones, en clara relación con lo que se denomina año trópico, esto es, el intervalo de tiempo que tarda nuestro planeta en volver a pasar por el mismo punto de su órbita alrededor del Sol, el cual equivale a  $365,2422^d$  o 12,368 meses sinódicos. Para intentar relacionarlos siempre ha sido necesario recurrir a soluciones



convencionales, por ejemplo, añadir un día al año (de vez en cuando) o adoptar correcciones más complicadas, como la de inventar un mes que no esté relacionado con las fases lunares.

---

### 6.6. Efemérides astronómicas

- Son registros de eventos astronómicos, ya sean estos del Sol, la Luna, los planetas, satélites o de algún suceso importante.
- Se presentan en tablas que indican la posición del evento en un momento dado, utilizando como coordenadas, generalmente su ascensión recta y su declinación. A menudo, estas tablas contienen otros datos útiles sobre la Luna, los planetas, asteroides o cometas, además de su posición en el cielo, tales como su elongación al Sol, distancia, brillo, velocidad y los momentos de salida, tránsito y puesta. Efemérides La Plata: <http://www.fcaglp.unlp.edu.ar/extension-y-difusion/efemerides-astronomicas>.

---

### 6.7. Actividad

#### **Actividad Nro 6.1**

*La siguiente lista indica distintos tipos de calendarios, de los cuales se dispone de una breve reseña. Elegir uno de ellos, realizar una lectura minuciosa del mismo y elaborar un mapa conceptual con las ideas fundamentales del mismo. En un plenario posterior se comentarán cada una de estas lecturas.*

1. *Calendarios de Piedra*
2. *Los Almanagues Paleolíticos*
3. *Stonehenge, calenderios de piedra*
4. *Los Calendarios Chino e Indio*
5. *El Calendario Caldeo y Hebreo*
6. *Los Calendarios Griegos*
7. *El Antiguo Calendario Romano*
8. *El Calendario Egipcio y Musulmán*
9. *Calendario Inca*
10. *Calendario Maya (I)*
11. *Calendario Maya (II)*
12. *La Reforma Gregoriana del Calendario*
13. *Calendario de Fajada-Butte*

## Movimientos de nuestro planeta

por Dr. David C. Merlo

### 7.1. Presentación

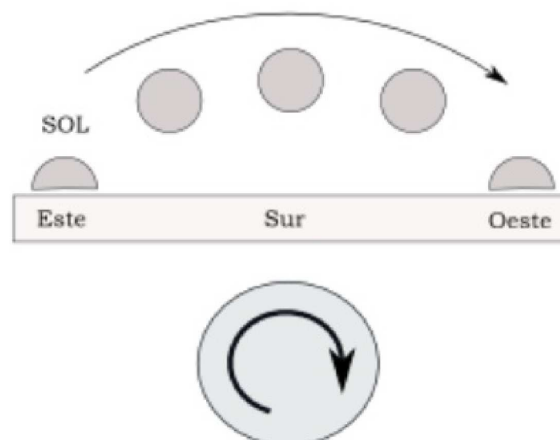
En esta clase revisaremos los diferentes movimientos que realiza nuestro planeta utilizando para ello el programa *Stellarium*. Las actividades propuestas involucran acciones interactivas con el mismo, e ir respondiendo a cada una de las preguntas que se propongan.

### 7.2. Movimiento Diurno

Utilizando el software referido, describiremos los cambios que se ven en el cielo observado en nuestra ciudad durante todo un día. Para ello fijemos la fecha de hoy y a las 00:00 hs del mismo. Avancemos de a una hora. . .

Responder las preguntas de la Actividad 1.

*Debido a la rotación terrestre, nuestro planeta Tierra gira sobre su eje de rotación con una rapidez (en el ecuador) de 465,11 m/s (ver Figura 11.1), ocasionando el **Movimiento Diurno***



**Figura 7.1.** Movimiento Diurno (publicada por: Wikipedia en la pagina: <http://es.wikipedia.org/wiki/Movimiento-diurno>)



### 7.3. Movimiento Anual

Ahora fijemos la hora en 00 : 00 y comenzando el 1<sup>o</sup> de enero seleccionaremos cada una de las siguientes fechas y compararemos los diversos paisajes celestes que se nos presente:

- 21 de marzo
- 25 de mayo
- 09 de julio
- 11 de septiembre
- 31 de diciembre

Responda las preguntas de la Actividad 2.

Debido a la traslación terrestre, nuestro planeta orbita alrededor del Sol en una trayectoria elíptica con una rapidez promedio de 29,8 km/s (Figura 11.2).

El **perihelio** marca el punto en donde es mínima la distancia Tierra-Sol ( $147,5 \times 10^6 \text{ km}$ ) y máxima la rapidez (30,75 km/s); esto ocurre aproximadamente cada 4 de enero.

En cambio, el **afelio** representa la posición donde es máxima la distancia Tierra-Sol ( $152,6 \times 10^6 \text{ km}$ ) y mínima la rapidez (28,76 km/s); esto pasa aproximadamente cada 4 de julio, ocasionando el **Movimiento Anual**.



**Figura 7.2.** Movimiento Anual (publicada por: Paranauticos en la pagina: <http://www.paranauticos.com/notas/Tecnicas/Navegacion/navegacion-1.htm>)

### 7.4. Movimiento Secular

Ahora fijemos nuevamente la fecha de hoy, también a las 00 : 00 hs., pero variaremos los años de milenio en milenio.

Responda las preguntas de la Actividad 3.

La Teoría de la Gravitación de Newton (1642-1727) establece que la fuerza ejercida entre dos cuerpos separados una distancia es proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa, siendo el valor de dicha constante de gravitación universal

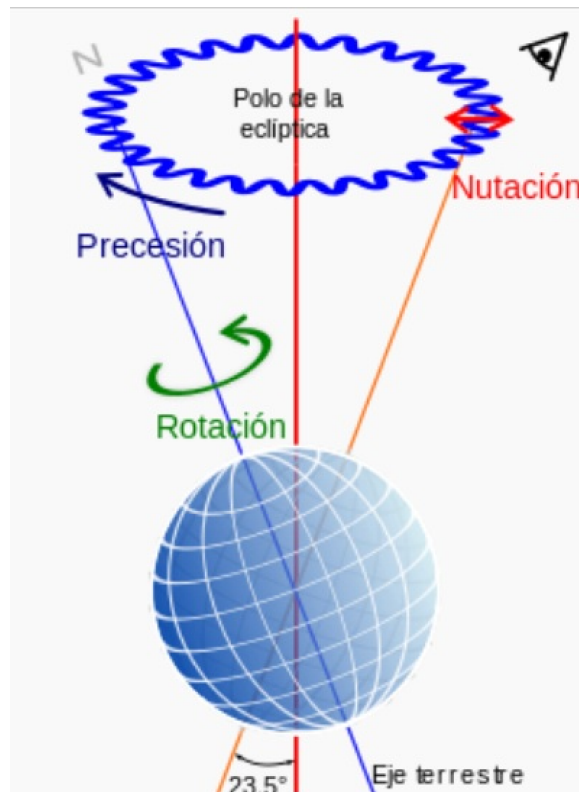




$$G = 6,67392 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{s}^2\text{kg} \quad (e = 0,0014).$$

### Precesión

La precesión es un movimiento debido al momento de fuerza ejercido por el sistema Tierra-Sol en función de la inclinación del eje de rotación terrestre con respecto al Sol. Esto provoca un movimiento de "cabeceo" del eje de rotación terrestre, que gira sobre el eje de traslación manteniendo su ángulo de inclinación de  $23,5^\circ$  con un periodo de 26000 años (Figura 7.3).



**Figura 7.3.** Precesión (publicada por: Wikipedia en la pagina: <http://es.wikipedia.org/wiki/Precesión-de-los-equinoccios>).

El eje de rotación de la Tierra está inclinado  $23^\circ 27'$  con respecto a la perpendicular a la eclíptica; debido a esta inclinación, una mitad del abultamiento ecuatorial se sitúa a un lado de la eclíptica y la otra mitad del hinchamiento del otro lado.

Durante los equinoccios, los abultamientos de cada lado de la eclíptica están a la misma distancia del Sol y éste no produce momento de fuerza. En cambio, en los solsticios, el abultamiento de uno de los lados de la eclíptica no se encuentra a la misma distancia que la hinchazón del otro lado.

Alrededor del año 130 a.C., Hiparco compara observaciones antiguas con las suyas y llega a la conclusión que en los 169 años precedentes esas intersecciones se han movido 2 grados:

¿Cómo podía Hiparco conocer la posición del Sol entre las estrellas tan exactamente, cuando las estrellas no eran visibles por el día?...

¡Usando la sombra proyectada por la Tierra sobre la Luna, durante un eclipse de Luna!

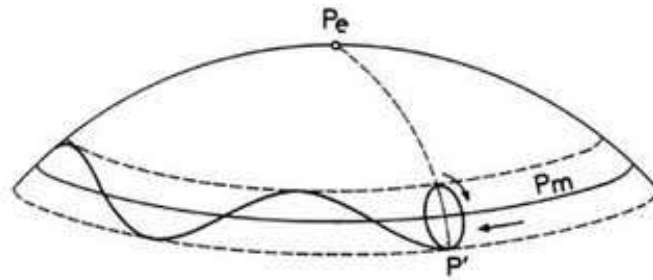
Durante un eclipse, el Sol, la Tierra y la Luna forman una línea recta y por tanto el centro de la sombra de la Tierra está apuntando sobre la esfera celestial que está exactamente opuesta al Sol.





### Nutación

El fenómeno de nutación es debido a las fuerzas externas de atracción gravitatoria entre la Luna y el Sol con la Tierra, el cual provoca que el movimiento precesional del eje de rotación sea a la vez sinusoidal, alrededor de un valor medio, con un período de 18 años y 8 meses (Figura 7.4).



**Figura 7.4.** Nutación (publicada por: Universitat de Barcelona (España) en la pagina: <http://www.publicacions.ub.es/liberweb/astronomia-esferica/material/version-html/tomo-1/2-8.htm>).

El movimiento de «nutación» se debe a que la órbita de la Luna está inclinada respecto al plano de la órbita de la Tierra. Esto origina perturbaciones en la dirección del eje terrestre, que se traducen en pequeñas onditas durante la precesión. Este movimiento completa un ciclo en 18 años y las amplitudes que alcanza son muy pequeñas. Esto hace que sea un movimiento imperceptible para todas las personas, excepto para los astrónomos.

### Movimiento Galáctico

Nuestra estrella más cercana, el Sol, se mueve dentro de la galaxia a una rapidéz promedio de 220 km/s y la Tierra lo acompaña al igual que el resto del Sistema Solar (Figura 7.5).



**Figura 7.5.** Movimiento galáctico (publicada por: Oocities en la pagina: <http://www.google.com/imgreshl=es&client=ubuntu&sa=X&channel=fs&biw=1024&bih=680&tbnid=g0gOJTPF1GVsbM:&imgrefurl>)

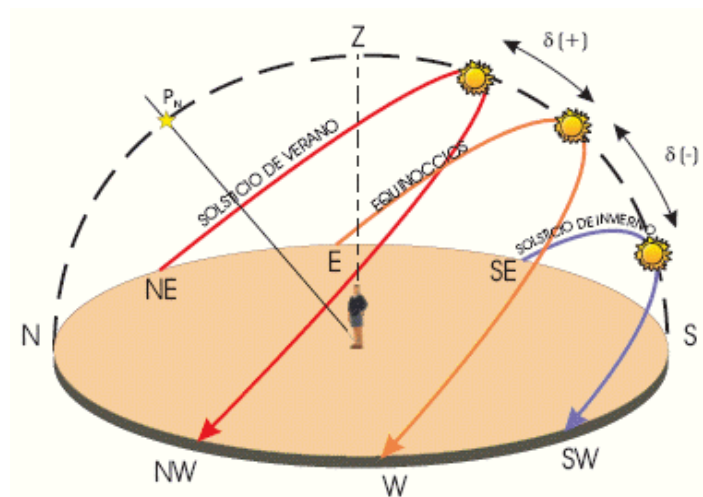
El Sol tarda 250 millones de años en dar una órbita alrededor de la Vía Láctea, por lo que desde su nacimiento hasta el presente ha realizado este recorrido aproximadamente en veinte oportunidades.



La acción conjunta de la Precesión, la Nutación y el Movimiento Galáctico ocasionan el **Movimiento Secular**

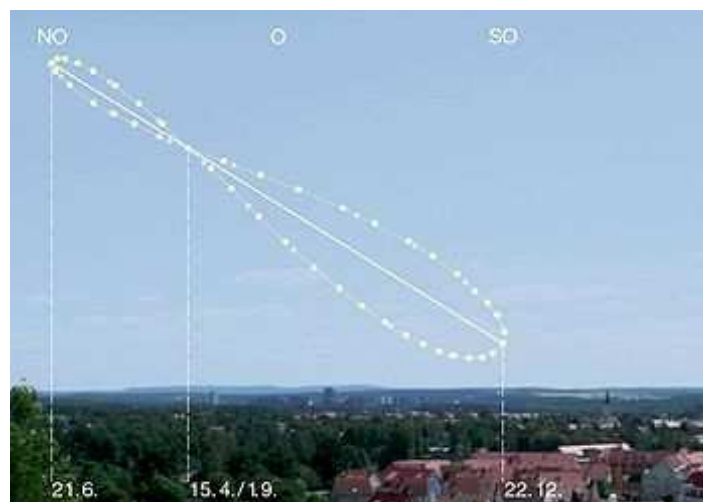
### 7.5. Algunas consecuencias de estos movimientos

El movimiento norte-sur del sol durante el año se debe a que el ángulo de inclinación del eje de la Tierra es constante durante todo el año y los movimientos Este-Oeste son debidos a que la órbita elíptica da distinta orientación del cenit cada veinticuatro horas (Figura 7.6).



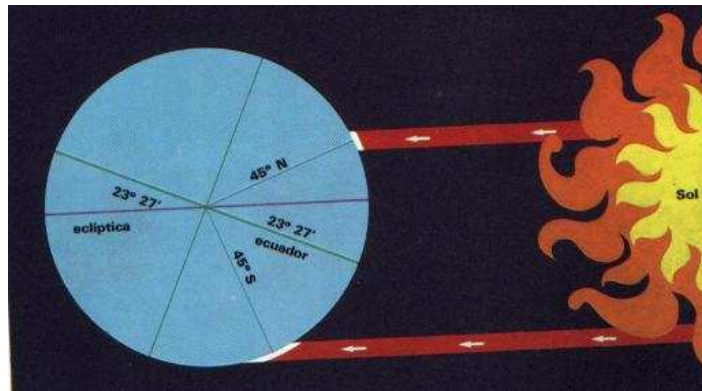
**Figura 7.6.** Movimiento norte-sur del Sol (publicada por: DICTER en la página: <http://dicter.eusa1.es/lema/solsticio>).

Esos dos efectos ocasionan el trazo similar a un "8" que describe el sol en el cielo, si lo fotografiáramos cada 24 horas; este efecto se llama **Analema** (Figura 7.7).



**Figura 7.7.** Analema (publicada por: Wikipedia en la página: <http://es.wikipedia.org/wiki/Analema>).

Mientras la Tierra se traslada en su órbita alrededor del Sol, la inclinación de su eje de rotación provoca que cambien gradualmente las áreas que reciben el calor solar en forma directa. Esto provoca las **Estaciones** durante el movimiento de traslación (Figura 7.8).



**Figura 7.8.** Variación latitudinal de la radiación solar recibido (publicada por: Interpeques en la pagina: <http://www.interpeques2.com/peques5/4estaciones/contenidos2.htm>).

El calor absorbido por una determinada superficie depende del ángulo que forma con la dirección de la propagación de los rayos. El ángulo de incidencia de los rayos solares es función de la época del año, de la latitud y de la hora:

- En el Ecuador, las estaciones no se diferencian mucho: temperatura alta.
- En los Polos, la radiación total varía desde cero hasta un valor superior al del Ecuador debido a que hay seis meses sin noches (y seis meses sin luz solar también).

## 7.6. Actividades

### Actividad Nro 7.1

Utilizando el software referido, describiremos los cambios que se ven en el cielo observado en nuestra ciudad durante todo un día. Para ello fijemos la fecha de hoy y a las 00:00 hs del mismo. Avancemos de a una hora. . . :

- ¿Se observan cambios en el cielo? Resumirlos a continuación.
- ¿A qué se deberían los mismos?

### Actividad Nro 7.2

Ahora fijemos la hora en 00 : 00 y comenzando el 1<sup>o</sup> de enero seleccionaremos cada una de las siguientes fechas y compararemos los diversos paisajes celestes que se nos presente:

- 21 de marzo
- 25 de mayo
- 09 de julio
- 11 de septiembre
- 31 de diciembre

Luego....

- ¿Se observan cambios en el cielo? Resumirlos a continuación.



- *¿A qué se deberían los mismos?*

### **Actividad Nro 7.3**

*Ahora fijemos nuevamente la fecha de hoy, también a las 00 : 00 hs., pero variaremos los años de milenio en milenio.*

- *¿Se observan cambios en el cielo? Resumirlos a continuación.*
- *¿A qué se deberían los mismos?*

## La naturaleza de la luz y Astronomía multibanda

por Dr. Marcelo Lares

---

### 8.1. Presentación

La luz juega un papel fundamental en la obtención de evidencia observable para comprender el Universo. Por lo tanto, estudiar la naturaleza de la luz es primordial para entender los descubrimientos de la Astronomía. Primero repasaremos los conceptos de luz en sus aspectos ondulatorio y de partícula. Luego veremos cómo estos conceptos están directamente relacionados con fenómenos de la observación astronómica. Seguidamente repasamos algunos aspectos de la astronomía en multifrecuencia.

---

### 8.2. Introducción

Casi todo el conocimiento que tenemos del Universo proviene de la observación y el análisis de información que obtenemos de la luz. La radiación electromagnética es la fuente primaria de transferencia de energía en el Universo. La luz está compuesta de partículas, llamadas fotones, que se propagan a partir de la fuente de emisión en todas las direcciones en forma de ondas. La longitud de onda de la radiación puede ir desde la millonésima parte de un milímetro (rayos gamma) hasta miles de kilómetros (ondas de radio). Nuestros ojos solamente pueden detectar una pequeña porción del espectro electromagnético, que corresponde a la región de máxima emisión del Sol y se denomina *región de luz visible*. Poco hubiera avanzado la ciencia si los cielos fueran completamente oscuros, y ni siquiera las ideas cosmogónicas más primitivas hubieran podido desarrollarse. Por otro lado, todas las herramientas y modelos que usamos buscan, en última instancia, reproducir e interpretar las observaciones astronómicas para contribuir al entendimiento del cosmos, y para ello hay que conocer el rol que juega la radiación electromagnética emitida, absorbida, o modificada por diferentes procesos que tienen lugar en el Universo. Otras fuentes de información que llegan a la Tierra y son de naturaleza completamente diferente a la de la luz, son por ejemplo las partículas de alta energía y las ondas gravitacionales. Podemos mencionar también la recolección in situ de material de estudio por medio de sondas espaciales. Todas estas fuentes de información se utilizan desde épocas muy recientes, ya que antes no se disponía de las capacidades tecnológicas adecuadas. La luz, en cambio, forma parte de la experiencia sensible del ser humano, y es el elemento primordial para observar el universo que nos rodea.



### 8.3. La luz y el átomo

La radiación electromagnética es una forma de energía que se transmite por medio de ondas. La emisión y absorción de radiación tiene que ver con partículas subatómicas cargadas, y por eso su estudio está directamente relacionado con la estructura del átomo.

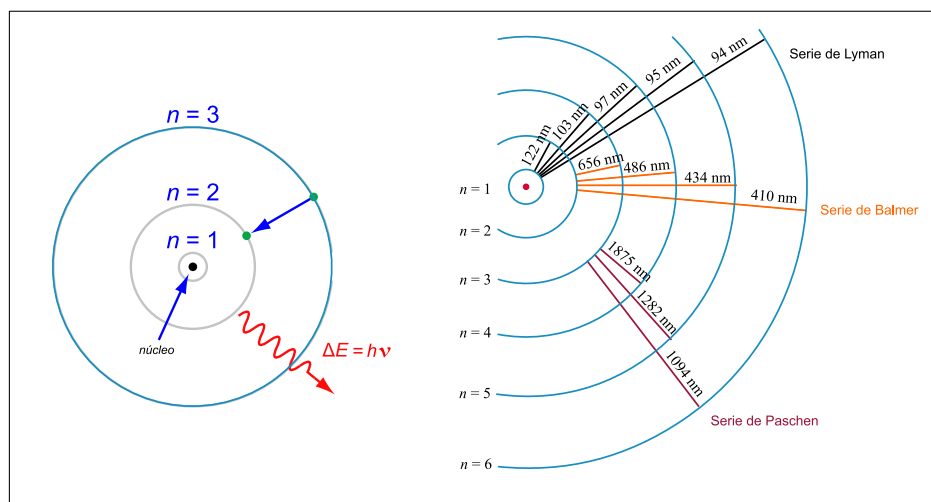


Figura 8.1.

Como sabemos, las propiedades básicas de la luz se pueden estudiar con el modelo clásico del átomo de Bohr. Según este modelo, el átomo está compuesto por un núcleo que tiene carga positiva, y varias capas de electrones, en una configuración que depende del elemento químico del que se trate. Cada electrón tiene una energía que es característica de la capa en la que se encuentra. Bajo ciertas circunstancias, un electrón puede cambiar de una capa a otra, y la diferencia de energía entre las mismas produce la emisión o absorción de un fotón, o paquete de energía. Si el electrón pasa de una capa a otra de menor energía, la energía sobrante se emite en forma de radiación. Por el contrario, un electrón también puede pasar a otra capa de mayor energía, pero para eso necesita absorber la diferencia de energía, es decir, absorbe un fotón para pasar a otra capa de mayor energía, como puede verse en la Figura 8.1. Así como las capas de electrones en el átomo tienen valores fijos de energía, también los fotones que intervienen en estos procesos radiativos tienen valores de energía característicos del proceso.

### 8.4. El espectro electromagnético

Como la radiación electromagnética se propaga como una onda, se puede caracterizar por medio de las propiedades de esa onda. Así, la longitud de onda o la frecuencia se utilizan para definir los distintos tipos de radiación. La diferenciación de los distintos tipos de radiación surge como consecuencia de los métodos operativos para estudiarla, o bien de los distintos detectores. Esto es consecuencia de la forma en que responde la materia cuando interacciona con fotones de distinta energía. Así, por ejemplo, los fotones energéticos se relacionan con procesos diferentes a aquellos que aparecen relacionados con fotones de baja energía.

El conjunto de todos los posibles tipos de radiación electromagnética constituye el espectro electromagnético (Figura 8.2). El ojo humano es capaz de detectar un rango acotado de longitudes de onda, que pertenecen a la región "visible" del espectro. Dentro del espectro visible, las mayores longitudes de

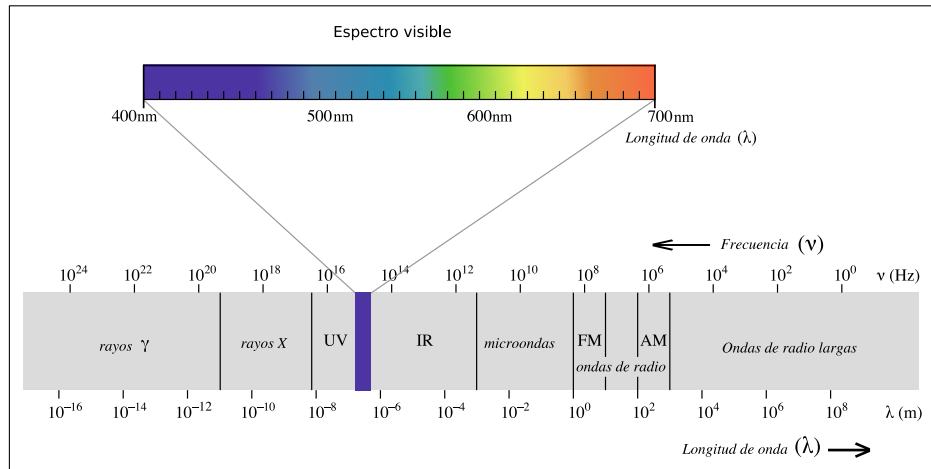


Figura 8.2. Mapa del espectro electromagnético

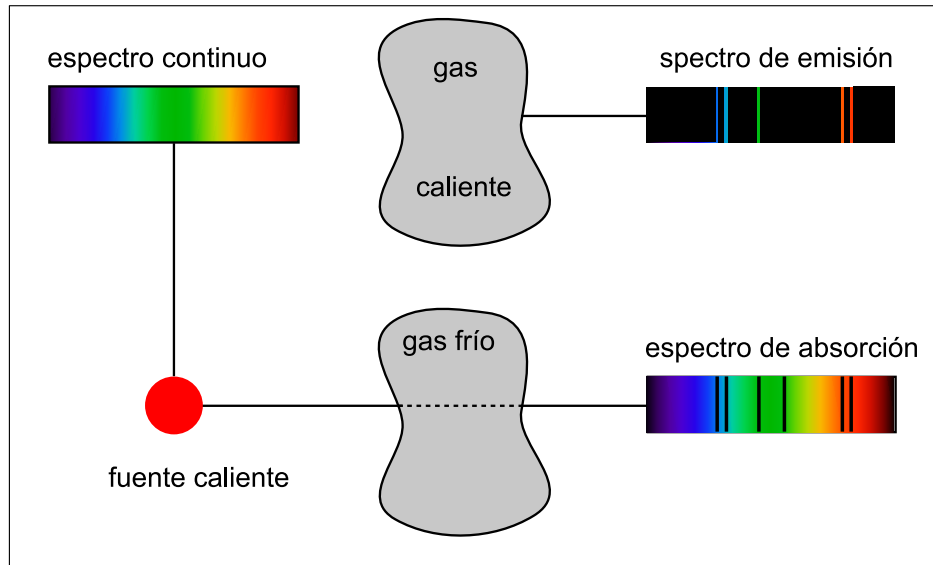
onda corresponden al rojo, y las menores al violeta. Para longitudes de onda más largas que el rojo (o frecuencias más cortas), se encuentra la región del infrarrojo, mientras que el ultravioleta corresponde a frecuencias más altas que el violeta. La radiación de longitud de onda muy corta está relacionada con procesos de alta energía, y la de longitud de onda muy larga (o baja frecuencia) tiene que ver con proceso térmicos poco energéticos. Todos estos procesos ocurren en el Universo, y producen radiación en todas las regiones del espectro electromagnético.

### 8.5. Leyes de Kirchoff

Dada la interacción entre la radiación y la materia, es de esperar que los elementos químicos impriman en la radiación que interacciona con ellos una marca característica de la estructura atómica. Por lo tanto, el espectro de la radiación de un cuerpo no depende sólo de la temperatura, sino que en la práctica depende también de la composición química del mismo. En termodinámica se deducen las leyes de radiación térmica de Kirchoff, que establecen la emisión y absorción de un cuerpo en equilibrio termodinámico, en función de la frecuencia. La primera ley establece que un sólido a alta temperatura, un líquido o un gas a alta presión, emiten un espectro continuo. Si el gas está a baja presión, emite un espectro de líneas (segunda ley), mientras que si incide radiación continua sobre un gas frío a baja presión, se observan líneas de absorción o líneas oscuras. Las longitudes de onda de las líneas son características del tipo de átomos o moléculas presentes en el material. Luego, observando el espectro de radiación de una estrella, por ejemplo, es posible determinar la temperatura superficial y la composición química de la misma (ver Figura 8.3).

### 8.6. Rangos asociados a la observación de cuerpos celestes

El espacio entre los objetos celestes no está vacío sino que contiene, en densidades muy pequeñas, moléculas de gas y polvo. Sin embargo, dado que la luz debe recorrer distancias muy grandes para llegar a la Tierra y ser detectada, en su camino se encuentra con gran cantidad de estas moléculas y granos de polvo, con las cuales interactúa a nivel atómico. A veces las distancias involucradas y la densidad de gas hacen que la luz visible se vea muy atenuada, y por lo tanto los objetos que la emiten se observan con poco brillo. Pero no todos los tipos de radiación se ven afectados de la misma forma, por lo que aún cuando la luz proveniente de un objeto celeste es absorbida por nubes de gas,



**Figura 8.3.** Leyes de Kirchoff

otras radiaciones la pueden atravesar (ver por ejemplo Figura 8.5). Un ejemplo de esta situación se encuentra en las regiones de formación estelar, donde las observaciones en la región del ultravioleta revelan una compleja estructura donde se están formando estrellas, a pesar de que en luz visible no se pueda ver. En infrarrojo medio y lejano se pueden detectar estructuras de gas calentadas por la radiación proveniente de estrellas próximas. De manera similar, las observaciones del Sol en distintas frecuencias muestran la radiación proveniente de capas de diferente temperatura (ver Figura ??). Teniendo en cuenta que la temperatura aumenta hacia el centro, es posible estudiar la estructura del Sol a partir de imágenes en distintas regiones del espectro electromagnético.

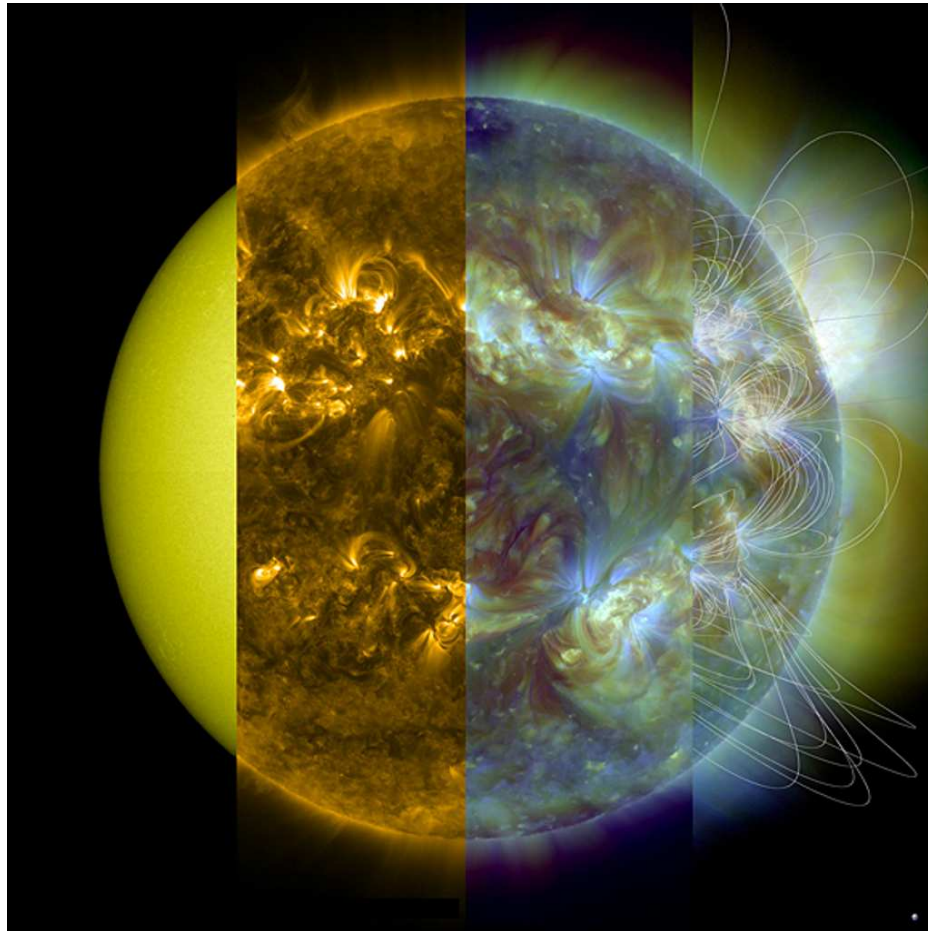
## 8.7. Actividades

### Actividad Nro 8.1

La siguiente es una lista de preguntas para pensar:

- Definir una onda, de tal forma que la definición sea comprensible para una personas que jamás vio una.
- Describir un experimento en el cual la luz se comporte como onda.
- Describir un experimento en el cual la luz se comporte como partícula.
- Dar ejemplos de la vida cotidiana de ondas electromagnéticas
- Dar ejemplos de la vida cotidiana del fenómeno de la refracción y la reflexión.
- Cómo se relaciona la longitud de onda con la frecuencia? Que clase de fotones llevan más energía?
- Por qué los distintos elementos muestran distintos patrones de líneas en sus espectros?
- Cuál es la longitud de onda de cierto tipo de radiación producida por un electrón que vibra 1000 veces por segundo?





**Figura 8.4.** Composición de imágenes del Sol en distintas frecuencias, tomadas casi al mismo tiempo. A la izquierda se puede ver una porción del Sol en la región visible del espectro, donde aparecen las manchas solares de la superficie. A continuación, la luz en ultravioleta extremo proviene de la región entre la cromósfera y la corona. La tercera región es una imagen compuesta de tres longitudes de onda diferentes, que muestran la estructura de capas de altas temperaturas. Por último, la imagen de la derecha muestra además las estimaciones de las líneas de campos magnéticos. Crédito: Steele Hill, SOHO/NASA.

- *Un pulso de radio es enviado hacia Marte. Luego de reflejarse en la superficie de Marte, regresa a la Tierra tardando en total 7 minutos. A qué distancia está Marte?*
- *Porqué los radioastrónomos pueden realizar sus observaciones durante el día, mientras que los astrónomos ópticos sólo pueden hacerlo de noche?*
- *Porqué no se ven de día las estrellas?*
- *Porqué no hay observatorios de rayos X en la superficie de la Tierra?*

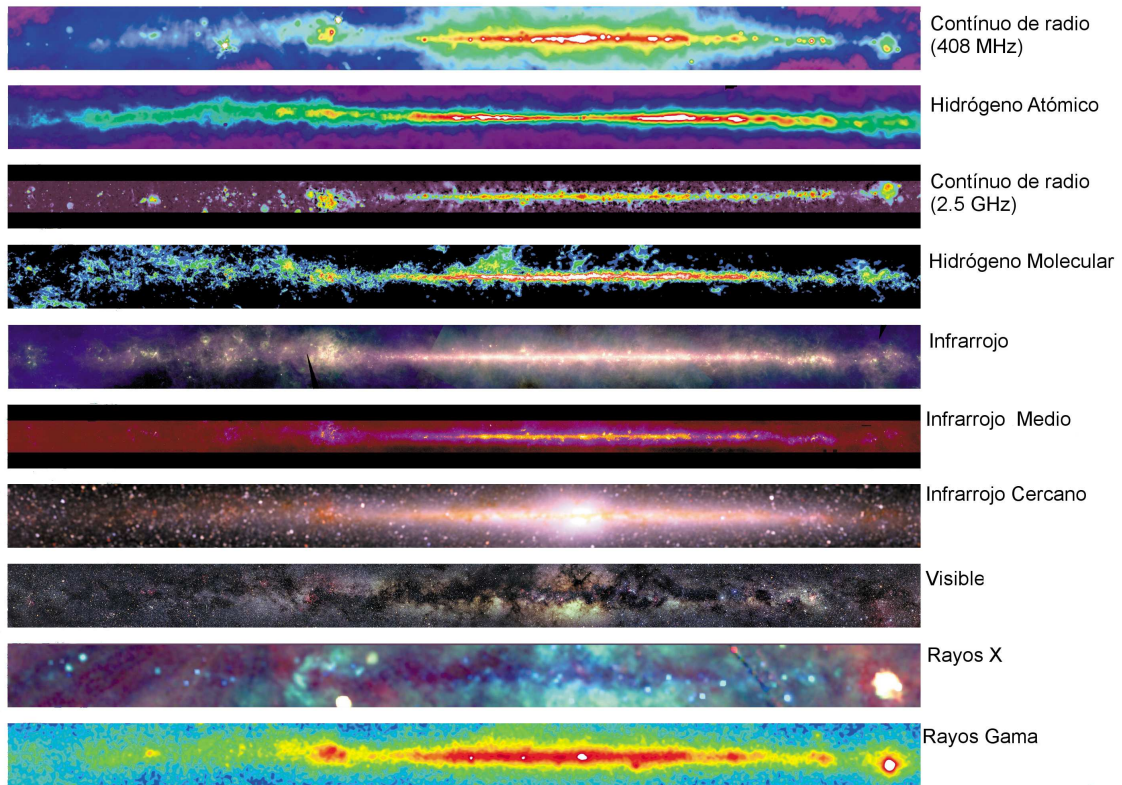
#### **Actividad Nro 8.2**

*Utilizar una red de difracción para descomponer la luz del Sol en varios colores. Estudiar la ubicación y separación entre los colores en función de la distancia a la superficie en la que se proyecta.*

#### **Actividad Nro 8.3**

*Utilizar un espectrómetro de mano para ver los colores que resultan de descomponer la luz del Sol. Experimentar con otras fuentes de luz.*

#### **Actividad Nro 8.4**



**Figura 8.5.** Imágenes de la Vía Láctea en distintas frecuencias. Crédito: NASA, <http://geeked.gsfc.nasa.gov/?p=7953>

*Diseñar un experimento que demuestre que existen relaciones entre los distintos elementos y la luz que proviene de procesos físicos o químicos en los cuales éstos se encuentran*

#### **Actividad Nro 8.5**

*Comparar, utilizando una linterna y un emisor de ondas infrarrojas, algunas propiedades de la luz visible y de la radiación infrarroja.*

#### **Actividad Nro 8.6**

*Encuentre en el medio circundante, objetos, sustancias o marcas que se pueden ver con luz ultravioleta pero no se pueden ver a simple vista.*

### **8.8. Bibliografía**

Clariá, J.J. (2000). Astronomía General. I. Parte Astrofísica.

Clariá, J.J. (2008). El espectro continuo de las atmósferas estelares.

## Instrumentos Astronómicos

*por Dr. Carlos Valotto*

---

### 9.1. Presentación

Los objetivos de la clase se orienta a la descripción de los diferentes aspectos vinculados con la observación astronómica. Se plantean las diversas situaciones que se le presentan a los astrónomos en sus tareas de investigación.

Se pretende brindar los conceptos básicos involucrados en la obtención de información a partir de los diferentes instrumentos, desde los telescopios ópticos, pasando por los telescopios en ultravioleta, rayos X e infrarrojo, llegando a la observación con antenas de radio.

El propósito de este encuentro es que los asistente logre tener una idea general de los elementos utilizados en la observación astronómica.

---

### 9.2. Introducción

En esta se clase se propone trabajo sobre el eje de la obtención de la información, en forma de radiación emitida por un objeto astronomico y la interpretación de la señal detectada. Se ofreceá una descripción de la naturaleza de la luz, longitud de onda, frecuencia amplitud, propagación. Se plantea una discusión sobre el concepto de color, y su extensión a todo el espectro electromagnético.

En primer término se plantea la inquietud sobre lo que representa a radiación como medio que contiene información de los objetos astronómicos estudiados.

Con el objeto de brindar una idea geneal de la radiación, se realiza un recorrido histórico de los eventos que provocaron el descubrimiento de las bandas del espectro electromagnético fuera del rango óptico. A partir de las características de la radiación se propone discutir los diferentes elementos que están disponibles para la detección de la radiación. En cuanto la radiación en el rango óptico se exponen las características básicas de los telescopios. Se explica el funcionamiento elemental y la nociones de la detección con estos instrumentos: concepto de resolución angular, magnificación, dimensiones de la óptica.

A partir de la definiciones de los telescopios ópticos, se realiza un recorrido de los instrumento colectores por los diferentes rangos del espectro electromagnético.



---

### 9.3. Actividades

#### **Actividad Nro 9.1**

*Al término de la explicación de cada concepto se realizará un pequeño cuestionario al grupo con el objeto de afianzar los conceptos abordados.*

*Se planea realizar actividades donde se mostrará la diferencia de la imágenes formadas resultantes de ópticas de telescopios diferentes.*

*Se explicará el concepto de resolución angular a partir de imágenes puntuales de lasers sobre una pantalla.*

## Temperatura. Radiación térmica. Cuerpo negro.

por Lic. Sebastián Coca ©

---

### 10.1. Presentación

La presente clase pretende verificar y consolidar el concepto de temperatura, el cual normalmente es confundido con el de calor. También se introduce a la noción de radiación térmica y su aplicación en la astronomía: “cuerpo negro”. Para tal fin haremos uso de las leyes de Planck para comprender el mismo, y su importancia en astronomía al utilizar las leyes de Stefan-Boltzmann y Wien, y el índice de color.

La clase se plantea de modo interactivo, de tal forma de ir realizando ejercicios para comprender y asimilar las ideas presentadas. En este sentido, se invita al lector a realizar las actividades planteadas a medida que se avanza con la clase.

---

### 10.2. Introducción

En esta clase proponemos trabajar sobre conceptos físicos básicos, como el de temperatura, la radiación térmica y el de cuerpo negro. Los mismos son fundamental para comprender la información que recibimos de los objetos astronómicos y de la *física* que experimentamos a diario.

Comencemos con definiciones “populares”<sup>1</sup> y formales de temperatura (Actividad Nro. 1):

#### 1. Populares:

- a) Es una magnitud.
- b) Es algo así como una medida del calor. . .
- c) Es algo cercano a una sensación. . .
- d) Tiene que ver con el comportamiento molecular.
- e) **Es una medida de la energía cinética de un sistema.**

#### 2. Formales:

- a) Magnitud física que expresa el grado o nivel de calor de los cuerpos o del ambiente (DRAE, *s.v.* “Temperatura”, 23<sup>a</sup> Ed.).

---

<sup>1</sup>Las mismas corresponde a una encuesta realizada por el docente a personas con distintos niveles de conocimientos en el tema.



- b) La temperatura es una magnitud referida a las nociones comunes de caliente, tibio, frío que puede ser medida, específicamente, con un termómetro (Wikipedia, *s.v.* “Temperatura”, 2012).
- c) En termodinámica:  $T = \partial U / \partial S$  (por ej. Callen, 1985).

La mayoría de las personas confunde el concepto de temperatura con el de calor, como se ve expresado en las 3 primeras definiciones “populares”. Además, podemos encontrar definiciones no muy buenas y poco claras que tienden a reafirmar estas confusiones (primera y segunda definiciones formales). O incluso definiciones físico–matemáticas, las cuales no nos dicen mucho si uno no tiene una formación en temas afines. Por lo tanto, utilizando las definiciones más certeras sobre temperatura y, sin mezclarla con el concepto de calor, resulta la siguiente definición:

*La Temperatura es una propiedad que poseen los sistemas físicos a nivel macroscópico, la cual tiene una causa a nivel microscópico, que es la energía promedio por partícula.*

Además de conocer y comprender que es la temperatura, es necesario saber: ¿cómo se mide la misma? ¿Qué se mide? ¿Y qué significa equilibrio? Éste último concepto muy relacionado con la temperatura. La misma se mide con distintos instrumentos, como los termómetros de mercurio, los láser, las termocuplas, etc. Independiente que utilice uno, siempre se miden diferencias de temperatura, ya sea por diferencias de potencial eléctrico, de energías cinéticas promedio, de flujos de energía, etc. Y todas las mediciones se realizan sobre estados de equilibrio, lo cuál no implica que el sistema se encuentre en reposo. Para nuestro caso, podríamos definir como un sistema en equilibrio aquel que posee el mismo valor de temperatura independiente de donde se realice la medición.

Finalmente, para expresarnos de forma correcta en cuanto a temperatura, es importante saber que existen distintas escalas (absoluta y relativa) y unidades (Celsius, Fahrenheit y Kelvin) (por ej. ver la sección de “Unidades de temperaturas” en Wikipedia, *s.v.* “Temperatura”, 2012).

Pero, a todo esto nos preguntamos, ¿Y en astronomía cómo se determina la temperatura? Esta pregunta se debe principalmente a que los astrónomos no pueden “tocar” los objetos en estudio como los físicos o químicos. En consecuencia, la determinación de la temperatura se debe realizar a través del estudio de la radiación que nos llega de los objetos astronómicos. Comencemos definiendo qué es la radiación térmica:

*Se denomina radiación térmica o radiación calorífica a la emitida por un cuerpo debido a su temperatura.*

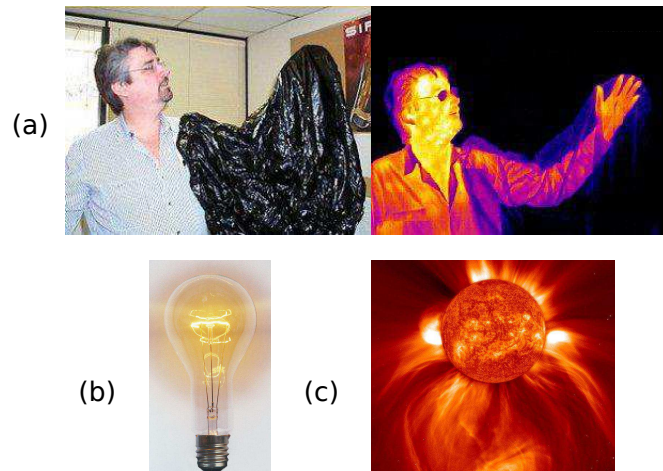
Para comprender esta definición, observemos los ejemplos de la Figura (10.1). En los mismos vemos distintas manifestaciones de radiación térmica, como son la emisión infrarroja y la visible, y en forma general la radiación del espectro electromagnético.

Como podemos observar, todos los cuerpos que poseen temperatura emiten radiación, la cual se manifiesta en todas las longitudes de onda. La diferencia radica en que es más notoria en algunas longitudes de onda que en otras. Para comprender esto último, será necesario introducir el concepto de cuerpo negro:

*Un cuerpo negro es un objeto teórico o ideal que absorbe toda la energía radiante que incide sobre él. Nada de la radiación incidente se refleja o pasa a través de él y, emite en todo el espectro (Kirchhoff 1862).*

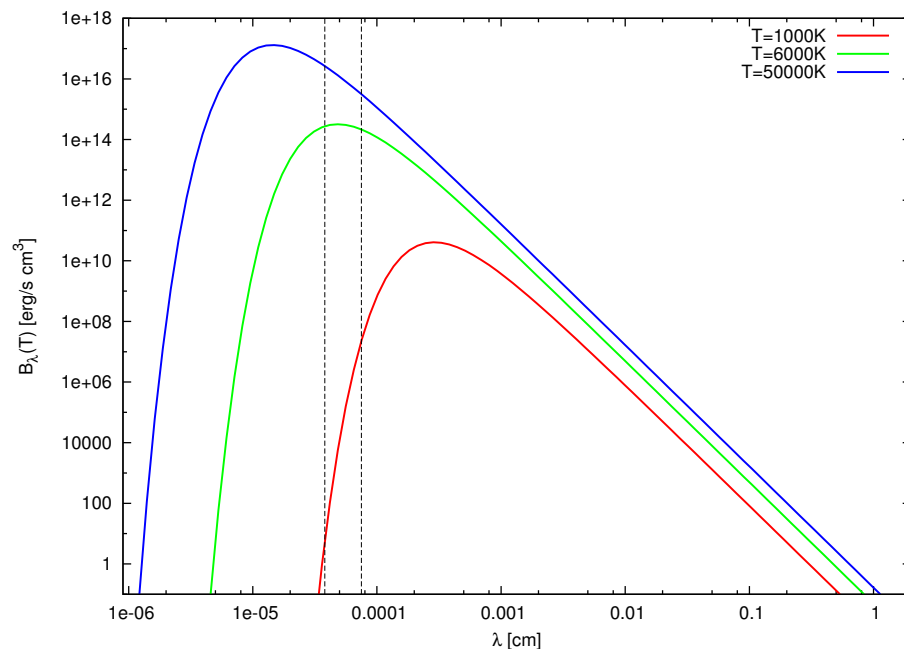
Lo importante de esta definición, es que nos da una ley matemática que describe la cantidad de energía por unidad de longitud de onda (o frecuencia) para una dada temperatura, conocida como





**Figura 10.1.** Ejemplos de radiación térmica. (a) Comparación con imagen tomada en el visible con la emisión en el infrarrojo (ej. radiador, calefactor eléctrico, etc.). (b) Luz visible (ej. lámpara incandescente). (c) Espectro electromagnético (ej. radiación del sol).

la distribución de Planck (por ej. Clariá 2000). En la Figura (10.2) se presentan las distribuciones de energía para tres curvas correspondientes a tres valores distintos de temperatura. Lo importante a destacar es que las curvas no se cortan entre sí, los máximos de emisión cambian con la temperatura y, la cantidad de energía que emite cada cuerpo (el cual corresponde al área bajo la curva) es mayor a mayores temperaturas. Éstos dos últimos puntos destacables, son muy importantes en física, y en



**Figura 10.2.** Distribución de energía de un cuerpo negro para tres valores de temperaturas como función de la longitud de onda. Los colores representan los valores para una estrella muy caliente (azul), fría (roja) y con temperatura intermedia similar a la del sol (verde). La región indicada entre líneas de puntos corresponde a la región del espectro visible ( $3,8 \times 10^{-8} \leq \lambda[cm] \leq 7,5 \times 10^{-5}$ ).

astronomía en particular, debido a que nos permiten inferir temperaturas de los objetos en estudio a través de ecuaciones muy simples. La primera que vamos a trabajar, es la ley de Stefan-Boltzmann, que establece un vínculo entre la cantidad de energía (generada por radiación térmica) por unidad de



área y tiempo que emite un cuerpo negro ( $\Lambda$ ) y la temperatura que éste posee:

$$\Lambda = \sigma T^4. \quad (10.1)$$

Donde  $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} J/s m^2 K^4$ , es la constante de Stefan-Boltzmann. Con esta simple ecuación fueron posibles las primeras determinaciones de la temperatura solar (2000 K por Soret 1904; 1800 K Pouillet 1838). También es posible determinar los radios de las estrellas a las cuales se les conoce su luminosidad<sup>2</sup>, por medio de la siguiente relación (Actividad Nro. 2):

$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4.$$

Si se supone que la Tierra se comporta como un cuerpo negro, es posible determinar la temperatura que tendría:  $T \sim 280 K = 7^\circ C$  (Actividad Nro. 3). Este valor es apenas inferior al valor real que posee la Tierra:  $T = 15^\circ C$ , lo cual nos dice que no es tan mala la suposición que la Tierra se comporte como un cuerpo negro.

Como se mencionó anteriormente, también existe una relación que involucra al máximo de emisión con la temperatura, y se conoce como ley de Wien, que especifica la relación inversa entre la longitud de onda en la que se produce el máximo de emisión de un cuerpo negro y su temperatura:

$$\lambda_{\text{máx}} T = 0,29 \text{ cm K}.$$

Nuevamente, con esta muy simple relación, a través de la medición de la longitud de onda máxima para la cual emite un objeto astronómico, es posible determinar su temperatura o viceversa (Actividad Nro. 4).

Como cierre de la clase, faltaría definir un último parámetro que es muy práctico para determinar la temperatura de las estrellas: Índice de color. El mismo se define como la diferencia entre las magnitudes, que sirve como medida del color de una estrella y, por lo tanto, de su temperatura:

$$B - V = \frac{7200K}{T} - 0,64.$$

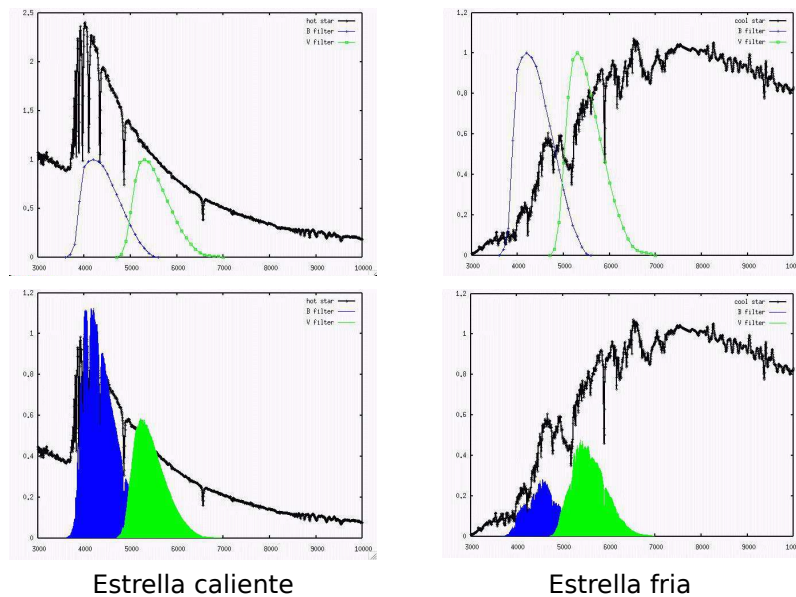
Esta magnitud es básicamente la pendiente de una recta que pasa por los puntos correspondientes a los filtros  $B$  y  $V$  (centrados en la longitud de onda azul y verde respectivamente). De la Figura (10.3) observamos que el índice de color para una estrella azul es negativo, mientras que para una estrella fría es positivo. El índice de color es unívoco para cada estrella (Actividad Nro. 5).

Como resumen de la clase, podemos mencionar los siguientes puntos más relevantes a tener en cuenta y repasar de ser necesario:

- Definición de temperatura y conceptos relacionados.
- Radiación térmica y su importancia en astronomía.
- Distribución de energía emitida por un cuerpo negro.
- Relación de Stefan-Boltzmann, ley de Wien e índice de color.

<sup>2</sup>La luminosidad de una estrella corresponde a la cantidad de energía por unidad de tiempo que un cuerpo negro de radio  $R$  y temperatura  $T$  iguales al de la estrella, emite a todo el espacio. Ésta es una magnitud factible de ser medida al estudiar una estrella.





**Figura 10.3.** Las figuras de la izquierda corresponden a una estrella caliente, mientras que las de la derecha a una fría. En línea negra corresponde al espectro observado para cada estrella. En líneas azul y verde los filtros *B* y *V* (parte superior). Las zonas azul y verde representan la cantidad de energía que éstas estrellas poseen para cada filtro (parte inferior).

### 10.3. Actividades

#### Actividad Nro 10.1

Escribir qué entiende Ud. por temperatura (definición). Luego discutir las distintas definiciones expuestas.

#### Actividad Nro 10.2

Determinar cuál sería la luminosidad solar ( $L_{\odot}$ ) sabiendo que el radio del mismo es  $R_{\odot} = 7 \times 10^5 \text{ km}$ . A continuación, encontrar la expresión analítica para el radio de una estrella con temperatura  $T$  y luminosidad  $L$  conocidos, en términos de los parámetros del Sol.

#### Actividad Nro 10.3

Utilizando la relación de la luminosidad y conociendo que la distancia desde la Tierra al Sol es  $d = 1,5 \times 10^8 \text{ km}$ , calcular cuál es la temperatura que posee la Tierra si ésta se comportara como cuerpo negro.

#### Actividad Nro 10.4

Por medio de la ley de Wien determinar la longitud de onda máxima para las 3 temperaturas de los cuerpos negros en la Figura (10.2). Discutir sobre el rango de longitudes de ondas en dónde se manifiestan los máximos. Analizar si éstos se presentan dentro del intervalo visible del espectro.

#### Actividad Nro 10.5

Teniendo en cuenta la relación para el índice de color, completar la siguiente tabla con los índices de color o temperaturas para distintas estrellas, según corresponda:



**Tabla 10.1.** Índice de color y temperaturas para distintos tipos espectrales (TE) de estrellas. El color que poseen algunos TE es el que les correspondería a una estrella con esa temperatura.

B-V	T (K)	TE	B-V	T(K)	TE
-0,4	35000	O5	0,6	...	G0
-0,3	21000	B0	...	4800	K0
-0,2	...	B5	1,1	...	K5
...	10000	A0	...	3300	M0
0,2	8000	A5	1,6	2600	M5
0,4	...	F5			

#### 10.4. Bibliografía

Callen, Herbert B. (1985). *Thermodynamics and an Introduction to Themostatistics* (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons.

Clariá, J.J. (2000). *Astronomía General. I. Parte Astrofísica*.

Clariá, J.J. (2008). *El espectro continuo de las atmósferas estelares*.

DRAE, *s.v.* temperatura (23<sup>a</sup> Ed.). Disponible: <http://www.rae.es/>.

Figura (10.1) recopilación en base a las siguientes fuentes:

- (a) [http://legacy.spitzer.caltech.edu/espanol/edu/learn\\_ir/](http://legacy.spitzer.caltech.edu/espanol/edu/learn_ir/), Grupo de Educación y Difusión Pública en el Centro Científico Spitzer, NASA/IPAC;
- (b) <http://www.aimdigital.com.ar/aim/?p=29290>, AIM Digital – Paraná – Entre Ríos – Argentina;
- (c) [http://www.boston.com/bigpicture/2008/10/the\\_sun.html](http://www.boston.com/bigpicture/2008/10/the_sun.html), imagen 17, SOHO/LASCO consortium.

Figura (10.2), elaboración propia realizada con el software Gnuplot, bajo licencia *Creative Commons*.

Figura (10.3) recopilada en base a la siguiente fuente:

<http://spiff.rit.edu/classes/phys440/lectures/color/color.html>, Michael Richmond, bajo licencia *Creative Commons*.

Temperatura. (s.f.). En Wikipedia, la enciclopedia libre. Recuperado el 20 de abril de 2012, a las 19:37 de <http://es.wikipedia.org/wiki/Temperatura>.

A menos que se indique lo contrario, el presente trabajo está bajo licencia *Creative Commons* – Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported (© by-nc-sa 3.0), según especificación: Licencia Creative Commons.

## Las estrellas

*por Lic. Tali Palma*

---

### 11.1. Presentación

Esta clase que les proponemos pretende profundizar en los conceptos generales conocidos acerca de las estrellas. Sus parámetros físicos y los procesos químicos que ocurren en su interior y que finalmente definirán la clase de estrella que serán. Como caso particular hablaremos del Sol, que tipo de estrella es, y veremos algunas de sus características. Por último, se verá en detalle la clasificación estelar más conocida y usada actualmente.

---

### 11.2. Parámetros Estelares

En esta clase comenzaremos mirando imágenes de diferentes estrellas y trataremos de discutir que es lo primero que distinguimos, cuáles son las principales diferencias que notamos. Para ello debemos tener en mente de que si comparamos las estrellas con otros cuerpos celestes, las estrellas son objetos que emiten luz propia mientras los demás (planetas, Luna) solo reflejan la luz que le llega.

A simple vista se puede apreciar que hay estrellas que son más brillantes que otras. El brillo que medimos de las estrellas no nos indica de manera real cuán luminosa es una estrella. Esto se debe a que además de su brillo intrínseco, también entra en juego la distancia a que se encuentre el astro. Una estrella intrínsecamente poco luminosa pero cercana al Sistema Solar puede aparecer más brillante en comparación a otra que sea más luminosa pero más lejana. Por lo tanto, para conocer el brillo real de las estrellas, necesitamos saber a qué distancias se encuentran. La determinación de distancias en la Astronomía es un aspecto fundamental, como se mencionó en clases anteriores (ver Capítulo 5). Recordemos que en la Astronomía el brillo de las estrellas se lo asocia con el concepto de magnitud. La escala de magnitudes fue implementada por primera vez en el siglo II antes de Cristo por Hiparco de Nicea, en donde las estrellas más brillantes eran de magnitud uno, mientras que las más débiles perceptibles a simple vista eran de magnitud seis. Se ha definido la magnitud como una escala para cuantificar las diferencias de brillo entre los distintos objetos del cielo. Desde el punto de vista astronómico, existen dos tipos de magnitudes, las aparentes, que son los brillos que se ven en apariencia en el cielo y las absolutas que representan el brillo real de la estrella. Luego, ampliaremos en clase los conceptos del brillo (magnitud), distancia y tamaño de las estrellas, y como se relacionan en nuestra interpretación de los diferentes objetos. Se verán ejemplos de objetos conocidos, y específicamente



nuestra estrella más cercana, el sol.

Una de las características más prominentes de la estrella es el color. Se encontró, que el color es una consecuencia directa de la temperatura en la superficie de la estrella. ¿Por qué las estrellas calientes son azules mientras que las frías son más bien rojizas? Veremos diferentes ejemplos de estrellas conocidas y sus colores observados.

---

### 11.3. *La Combustión Estelar*

Se abordará el tema de la generación de energía en las estrellas. El brillo de la estrella se debe a reacciones termonucleares que se llevan a cabo principalmente en el núcleo de la misma, donde hay densidades y temperaturas muy elevadas propicias para generar estas reacciones entre los elementos químicos que componen el núcleo de la estrella. En estos procesos nucleares, varios núcleos pequeños se combinan para generar otros mayores. Dado que la masa resultante del nuevo núcleo es un poco menor que la suma de los primeros, esta diferencia de masa se convierte en energía mediante la famosa equivalencia  $E = mc^2$  de Einstein. Esta es la fuente de la energía del Sol y, en definitiva, de las estrellas. Qué clases de reacciones termonucleares existen, de que dependen, y como varían en diferentes clases de estrellas van a ser los temas que se discutirán.

#### *La Espectroscopía*

¿Cómo es que conocemos la composición en el interior de las estrellas? La espectroscopía es el estudio de la interacción entre la radiación electromagnética y la materia, con absorción o emisión de energía radiante. La mencionada técnica usa las líneas espectrales para identificar de qué está compuesta una radiación incidente. Así es como sabemos la composición de las estrellas distantes. Los átomos emiten solamente en ciertas frecuencias y por eso cada tipo de átomo emite un conjunto único de líneas. Estas líneas llamadas Líneas Espectrales son la “firma” de los átomos (ver Figura 11.1).

Las líneas de absorción se producen cuando la radiación emitida en el núcleo estelar atraviesa las capas superiores y externas de la estrella, entonces los átomos absorben esta radiación en longitudes de onda específicas para cada tipo de ellos. Dado que al variar la composición de las estrellas varían también las líneas de absorción, se clasificaron a las estrellas en clases espectrales.

---

### 11.4. *Clasificación Espectral*

Uno de los principales propósitos, desde un principio, en los intentos de establecer un sistema de clasificación de espectros estelares, fue tratar de examinar el orden o desorden que existe en el universo. Es decir, la mayor intriga era cuán uniformes o diversas son las composiciones químicas y las estructuras de las estrellas. Luego de algunos primeros esquemas de clasificación espectral, el observatorio de Harvard estableció la conocida secuencia espectral (Secuencia de Harvard, Figura 11.2). Se verá en detalle la clasificación espectral de las estrellas más usada actualmente y actualizada con los últimos descubrimientos de objetos pequeños y jóvenes.

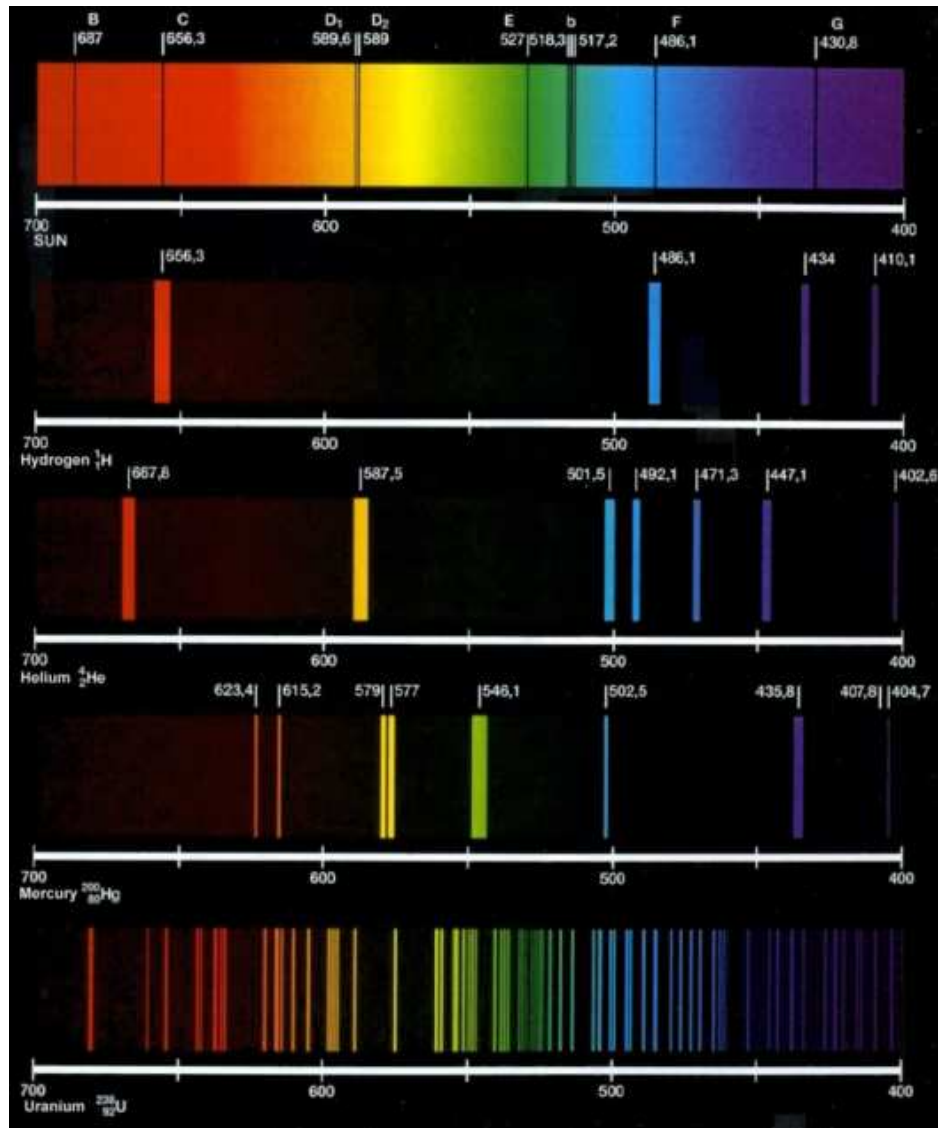


Figura 11.1. Composición espectral del sol y las líneas espectrales de diferentes elementos químicos.

### 11.5. Estrellas en Grupos

Las estrellas se distribuyen en las galaxias de diferentes formas. Existen estrellas aisladas, pero en su mayoría se encuentran formando pares o sistemas binarios, e incluso sistemas múltiples. Cuando las estrellas se agrupan en grandes aglomeraciones o familias de estrellas, resultan los cúmulos y las asociaciones estelares. Todos éstos se llaman simplemente sistemas estelares. Veremos en clase ejemplos de diferentes sistemas estelares, como también su gran utilidad en la determinación de parámetros astrofísicos y en el estudio de la evolución estelar.

### 11.6. Actividades

#### Actividad Nro 11.1

Dada la clasificación espectral actual, estimar las clases de diferentes estrellas a partir de sus



# CLASIFICACIÓN ESPECTRAL DE LAS ESTRELLAS

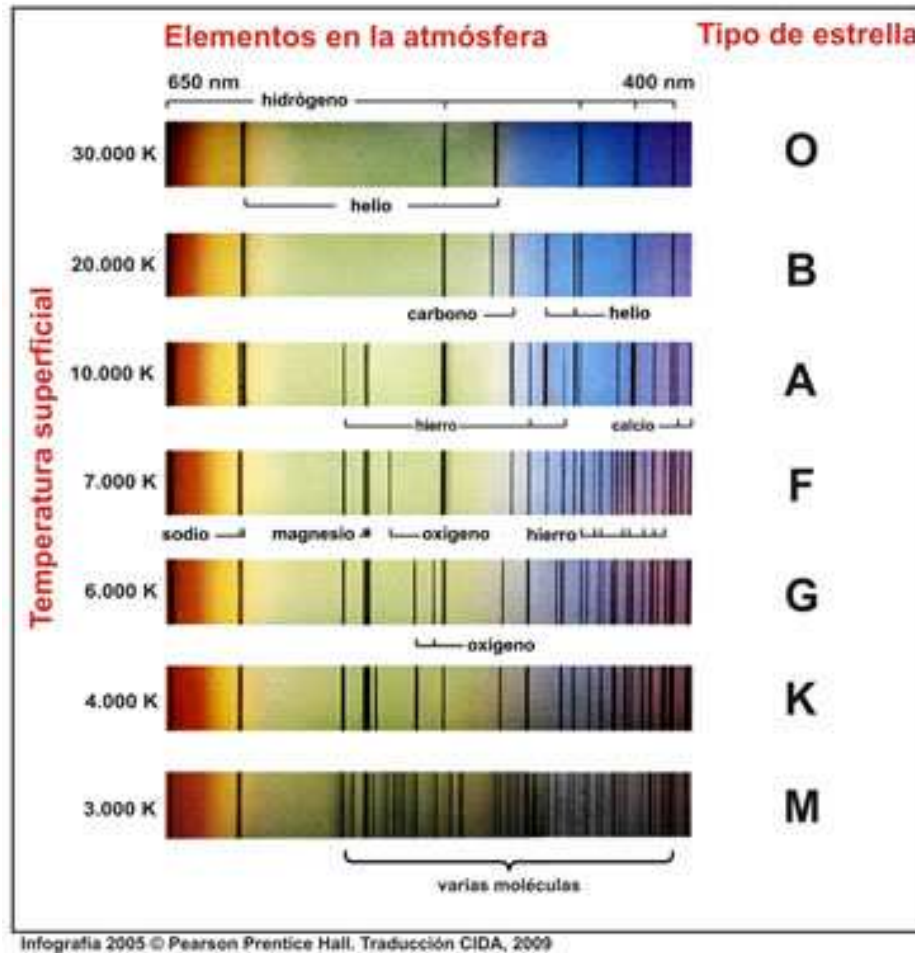


Figura 11.2. Clasificación espectral de Harvard

*características espectrales.*

## 11.7. Bibliografía

Carvajal Tuscón, C.A. (2009). "La Naturaleza de las Estrellas". Disponible en: [almaak.tripod.com/temas/estrellas-naturaleza.htm](http://almaak.tripod.com/temas/estrellas-naturaleza.htm)

Jesús Hernández (2009). "Espectroscopía Estelar: Códigos de Barras Estelares". Disponible en: [www.cida.gob.ve](http://www.cida.gob.ve)

## Evolución Estelar

*por Dra. Carolina Chavero*

---

### 12.1. Presentación

Podemos pensar en la evolución estelar de la misma forma que en la vida de los seres vivos, que a medida que envejecen sufren cambios en su organismo y su aspecto físico. El motor de los cambios de una estrella es la nucleosíntesis, esto es básicamente la transformación de unos elementos químicos en otros mediante reacciones nucleares producida en el interior de la estrella. En esta clase vamos a ver las diferentes etapas de la vida de una estrella, desde su nacimiento hasta su etapa final. Veremos que diferentes tipos de estrellas tienen distintos finales, y que esto depende básicamente de su masa.

---

### 12.2. ¿Qué significa estudiar la evolución de una estrella?

El estudio de la evolución estelar está condicionado por sus escalas temporales, muy superiores a la de una vida humana. Por ello no se puede analizar el ciclo de vida completo de cada estrella individualmente, sino que es necesario realizar observaciones de muchas de ellas, cada una en una etapa evolutiva diferente, a modo de instantáneas de ese proceso. Esta clase tiene como objetivo entender esta evolución, para lo cual es importante en primer lugar saber cuál es el combustible de las estrellas y cómo ellas se forman.

¿Cómo saber en qué etapa está cada estrella? Durante toda su vida la estrella hace un balance entre su gravedad y su presión interior, esta competición se ve reflejada en el cambio de sus parámetros físicos. Estas variaciones son representadas, en el llamado diagrama Hertzsprung-Russel (H-R), cuyos parámetros son la luminosidad y la temperatura estelar, ambos parámetros pueden ser determinados y usados para saber en qué estado evolutivo está el astro.

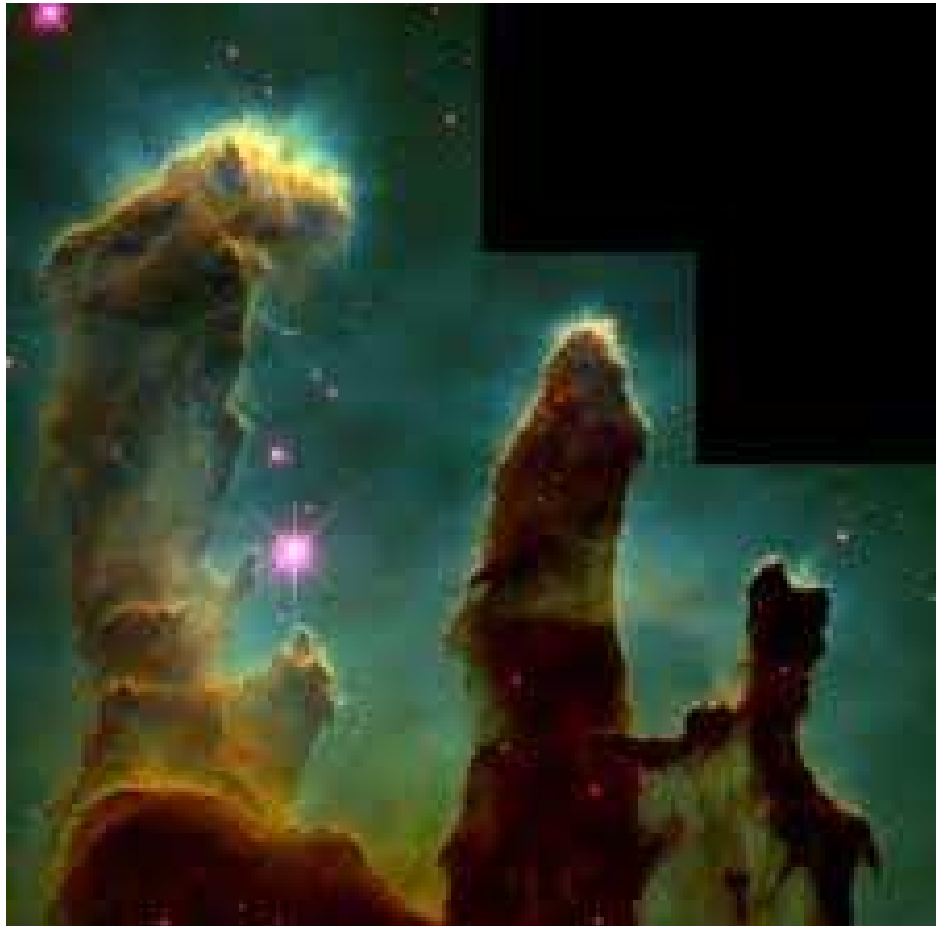
Como cierre de clase, se pretende emplear los conceptos abordados para entender el pasado, presente y futuro de nuestro astro rey, el Sol.

---

### 12.3. Nacimiento de las estrellas

En esta sección veremos cuáles son los lugares de formación estelar y la teoría de la nebulosa solar (ver Figura 12.1 y 12.2) que explica la formación de una estrella. Una estrella nace en medio de una nube de gas y polvo. Luego, la nube se dispersa poco a poco y la estrella queda sola. A medida que la estrella se va formando, también se forma un disco circunestelar de gas y polvo, a partir del cual

se formarían los planetas. Es importante destacar que las observaciones muestran que las estrellas no nacen aisladas, sino en grupo. El estudio de estrellas en cúmulos ha sido sumamente importante para entender su evolución, aunque la teoría de la Nebulosa Solar explica mejor la formación de estrellas aisladas.



**Figura 12.1.** Región de formación estelar: Los Pilares de la Creación, Nebulosa del Águila (Telescopio Espacial Hubble)

#### 12.4. Reacciones Nucleares

En esta sección veremos que la evolución de una estrella y la duración de su vida depende de su masa y su composición química y explicaremos, en forma simple las diferentes reacciones nucleares que se dan en el interior de las estrellas de acuerdo a su estado de evolución.

Explicar las reacciones nucleares es básicamente responder a la pregunta de por qué brillan las estrellas. Las estrellas tienen una fuente interna de energía. Pero, al igual que todo tipo de combustible, sus reservas son limitadas. A medida que consumen su suministro de energía las estrellas van cambiando y cuando se les acaba, mueren.

Desde ya cabe resaltar que cuanto más grande es la masa de una estrella, mayor es la presión interna necesaria para equilibrar el empuje gravitacional, pero, dado que mayor presión significa temperatura más elevada, una estrella de mayor masa tendrá también una mayor temperatura interna. Por esto, las reacciones se efectuarán más rápidamente y la producción de energía será mayor.



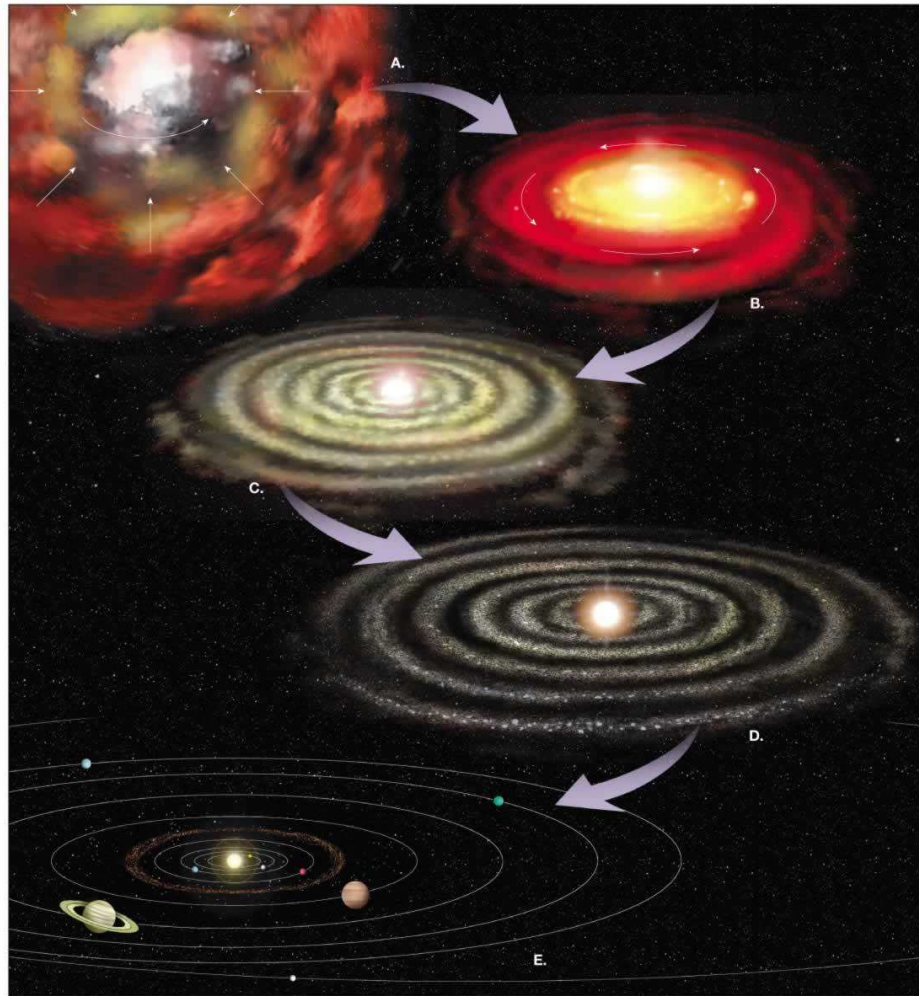


Figura 12.2. Teoría de la nebulosa solar: diferentes etapas de la formación de una estrella

### 12.5. Diagrama HR

Si observamos el cielo nocturno en un lugar muy oscuro, lejos de la contaminación lumínica de la ciudad, podemos observar que las estrellas poseen diferentes brillos y colores (rojas, amarillas, azules, etc.). También poseen diferentes masas y tamaños aunque eso no sea observable directamente. Si graficamos los colores versus el brillo podemos sacar conclusiones interesantes de las principales evoluciones físicas que acompañan el ciclo vital de una estrella, es decir las variaciones de temperatura y luminosidad del astro en las diversas edades, son representadas por los astrónomos en un gráfico muy famoso llamado *diagrama Hertzsprung-Russel* (comúnmente abreviado como diagrama H-R) del nombre de los dos astrónomos que, de manera independiente, lo construyeron a comienzos del siglo XX (ver Figura 12.3). Las cantidades fundamentales que definen este diagrama se pueden medir con distintos parámetros, dándole así diversas formas.

*¿Qué podemos aprender de este diagrama?*

En este diagrama podemos ver que que las estrellas mas calientes son azules y las mas frias son rojas, de la misma forma que cuando se calienta una herradura primero se torna roja y a medida que va adquiriendo mas temperatura se va tornando azul. También podemos ver que dos estrellas pueden

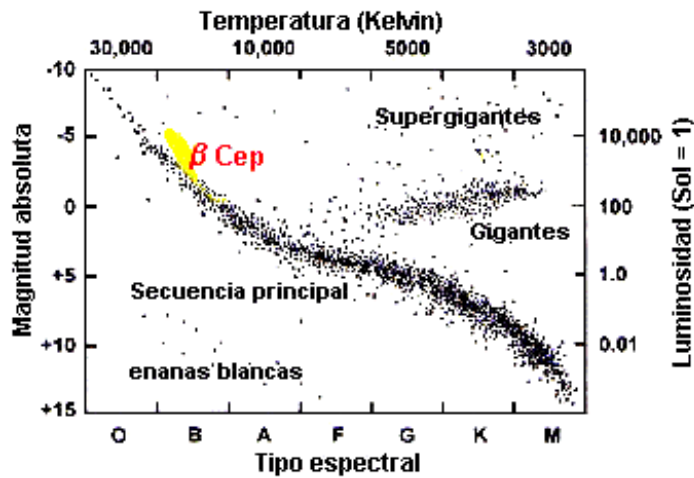


Figura 12.3. Diagrama Hertzsprung-Russel

tener la misma temperatura y una ser mucho mas luminosa que la otra. Además, si vemos dos objetos en dos esquinas podemos sacar algunas conclusiones. Una estrella que está en la esquina inferior izquierda del diagrama H-R significa que es poco brillante y muy caliente, lo cual implica que es muy pequeña. Si una estrella está en el canto superior derecho significa que es muy brillante pero de baja temperatura, osea que debe ser muy grande para poder brillar tanto.

#### *Cúmulo de estrellas y el diagrama H-R*

El entendimiento de la evolución estelar y de las estrellas en sí dio un salto importante cuando se aplicó este diagrama a cúmulos estelares ya que ayudó a determinar un parámetro importantísimo en Astronomía, la edad de un objeto.

En las estrellas más calientes, las distintas capas interiores deben vencer mayor atracción gravitacional que las capas más externas, y por lo tanto la presión del gas debe ser mayor para mantener el equilibrio; como consecuencia, mayor es la temperatura interna. Implica que la estrella debe “quemar” combustible a gran velocidad, lo que produce una ingente cantidad de energía. Esta clase de estrellas sólo puede tener una vida limitada: unos pocos millones de años. Si encontramos cúmulos que contengan estrellas muy masivas en la secuencia principal, sería un indicador de juventud.

Los cúmulos están formados por miles de estrellas de diferentes masas y tienen la característica de haber nacido juntos de la misma nube molecular, y por lo tanto tienen la misma edad. Se puede observar que la secuencia principal de un cúmulo viejo es más corto que la secuencia principal que de un cúmulo joven ya que en un cúmulo viejo las estrellas mas masivas ya salieron de la secuencia principal y pasaron a la siguiente etapa de gigantes. Apartir de esta etapa la evolución es más rápida. Veremos en clase algunos ejemplos.

#### *Finales de una estrella: enanas blancas, estrella de neutrones, agujeros negros*

Todas las estrellas tendrán mas o menos la misma evolución hasta que pasen la fase de gigantes, su futura evolución y muerte dependerá de la masa ya que cada estrella termina su vida de un modo que depende mucho de su masa inicial, aquella que tuvo cuando comenzó su existencia.

Estrellas de baja masa como el Sol, hacia el término de su existencia, se convierten en objetos de pequeñas dimensiones (del tamaño de la Tierra o aún menor), calientes y de color blanco: son las enanas blancas.

Una estrella de gran masa (varias veces la del Sol) y que no pierde mucha materia durante su evolución



termina su vida en una explosión muy violenta que se denomina supernova; cuando esto ocurre la estrella brillará tanto como toda la galaxia en la cual se encuentra, aunque su brillo será efímero: la estrella ya está condenada a extinguirse como tal.

De este modo se recicla el material estelar: las estrellas que se formen con el gas expulsado en una explosión de supernova, serán menos ricas en hidrógeno y helio, pero más ricas en los elementos químicos más pesados, que las estrellas de su generación anterior.

En la explosión de supernova se produce un catastrófico colapso de la estrella; debido a su gran masa, la enorme fuerza de gravedad comprime la materia con mucha más intensidad formando así una estrella de neutrones o un agujero negro. En la Figura 12.4 podemos ver un esquema de este proceso, el cual será explicado detalle por detalle en la clase.

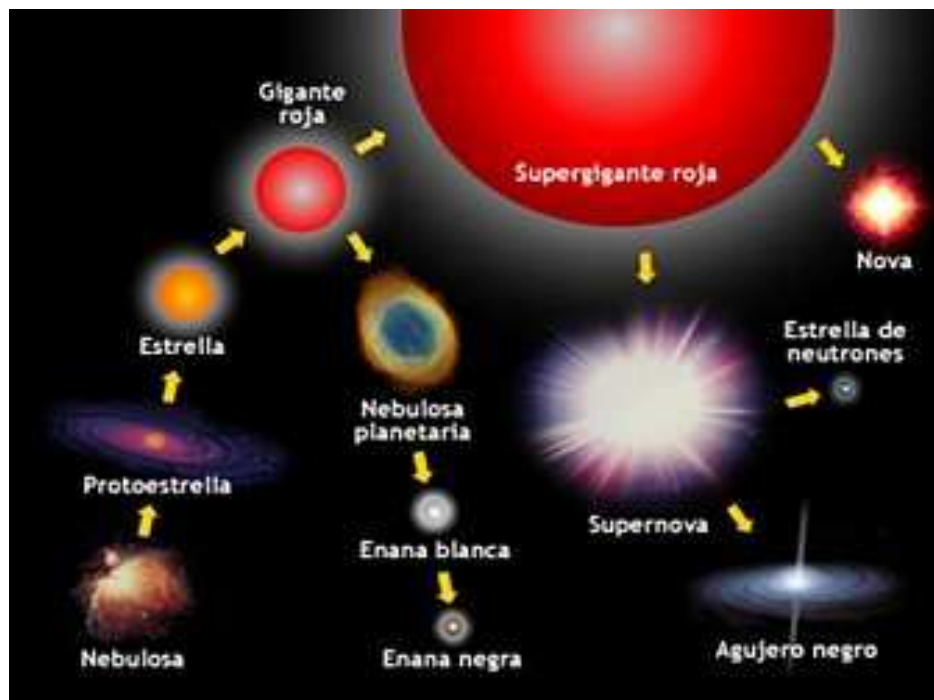


Figura 12.4. Evolución de una estrella de baja y alta masa

## 12.6. Actividades

### Actividad Nro 12.1

En base a lo aprendido en la clase establecer el pasado, presente y futuro del Sol, teniendo en cuenta sus parámetros astrofísicos.

### Actividad Nro 12.2

¿Cómo relacionar la famosa ecuación propuesta por Albert Einstein  $E=mc^2$  con la evolución estelar?

## La Astronomía y su Enseñanza en la Educación Secundaria

### 13.1. *Objetivos*

- Reflexionar sobre la importancia de la enseñanza de la Astronomía en la Educación Secundaria y particularmente en la Orientación Ciencias Naturales.
- Ampliar y actualizar el conocimiento del campo de la Astronomía y sus procesos de construcción.
- Estimular y fortalecer la interacción de los capacitandos con los investigadores del campo de la Astronomía.
- Favorecer el intercambio de experiencias educativas a la luz de lo abordado en la capacitación.
- Fomentar el uso de las tecnologías de la información y la comunicación en la enseñanza de la Astronomía.

### 13.2. *Contenidos*

#### 1. **Eje: Astronomía y su enseñanza**

- La Astronomía como Ciencia y la Astronomía en la escuela. El propósito de la enseñanza de la Astronomía. La astronomía en el actual Diseño Curricular Jurisdiccional.
- Alcances y propuestas para el abordaje de los conocimientos y procedimientos generales de la Astronomía en la escuela.
- tecnologías de la información y la comunicación en la enseñanza de la Astronomía.

#### 2. **Eje: La Astronomía: pasado y presente**

- La Astronomía a lo largo de la historia. Influencia en la sociedad y la cultura. Evolución científica- tecnológica de la Astronomía. La Astronomía en la Argentina.
- La historia de la Astronomía en la enseñanza de la Astronomía.

#### 3. **Eje: Conceptos y procedimientos generales de la Astronomía**

- La observación astronómica.
- Luz, Espectro Electromagnético: definición y rangos asociados a observación de cuerpos celestes. Radiación térmica, Cuerpo negro, Ley de Wien, Ley de Stefan-Boltzman.



- Instrumentos astronómicos: Telescopios ópticos modernos. Telescopios en otras frecuencias electromagnéticas. Radio-telescopios. Telescopios espaciales.
- Paisaje celeste: Los astros en el cielo. Representación del cielo: Atlas y Catálogos.
- Ubicación: Coordenadas, medición de ángulos. Diseño y uso de instrumentación.
- El Tiempo. Diferentes calendarios. Calendario actual. Medición del tiempo en Astronomía.
- Distancias utilizadas en Astronomía.
- Movimientos del planeta Tierra, estaciones y movimientos aparentes.
- Fuerzas en la naturaleza.

#### 4. Eje: La evolución estelar

- Las estrellas. ¿Cuándo a un cuerpo se lo puede llamar una estrella? Reacciones termo-nucleares.
- El Sol: nuestra estrella más cercana.
- Diferentes tipos de estrellas. Caracterización de acuerdo con el tamaño, la temperatura, la luminosidad y la edad.
- Evolución estelar. Diagramas explicativos. Etapas iniciales y finales de la evolución estelar.

#### 13.3. Cronograma de Actividades

Presenciales	Viernes 18/05 17:00-21:00 hs Observatorio Astronómico de Córdoba (4 hs)	Sábado 02/06 9:00-13:00 hs Observatorio Astronómico de Córdoba (4 hs)	Sábado 16/06 9:00-18:00 hs Estación Astrofísica de Bosque Alegre (9 hs)	Viernes 20/07 17:00-21:00 hs Observatorio Astronómico de Córdoba (4 hs)	Sábado 04/08 9:00-12:00 hs Observatorio Astronómico de Córdoba (3 hs) -evaluación-
--------------	--	--	--	--	---

## Anexo: Actividades No Presenciales

por Gramajo Luciana, Gómez Ileana, Merlo David, Domínguez Mariano, Lares Marcelo

---

### 14.1. Actividad No Presencial 1: Astronomía pasado y presente

**Objetivo:**

Recabar información geográfica, técnica y óptica de los instrumentos de algunos observatorios argentinos.

**Desarrollo:**

Realizar una búsqueda bibliográfica de información acerca de las características principales (geográficas-técnicas-ópticas) que presentan los telescopios ubicados en:

- Estación Astrofísica de Bosque Alegre
- Observatorio Astronómico de Córdoba (sede Córdoba)
- Consorcio GEMINI (del cual nuestro país forma parte)
- Complejo Astronómico El Leoncito (CASLEO)
- Instituto Argentino de Radio-astronomía (IAR)

En cada caso elaborar un breve informe resaltando sus características principales, teniendo en cuenta la importancia de cada instrumento de acuerdo al momento histórico de su instalación. Dicho informe debe ser realizado en letra Arial tamaño 12, a doble espacio y en formato '.doc'. Posteriormente suba la actividad a la plataforma virtual.



---

## 14.2. Actividad No Presencial 2: Tiempo. Coordenadas. Esfera celeste

### Objetivo:

- Describir el cielo observado para diferentes noches en diferentes lugares, empleando datos de diferentes Observatorios.
- Ubicarse espacio-temporalmente en la esfera celeste.

### Elementos a utilizar:

- Programa Stellarium
- Base de datos de diferentes observatorios
- Ordenador personal, programas Microsoft Excel y Microsoft Word

### Desarrollo:

1. Con el programa Stellarium describa el cielo en por lo menos 3 observatorios diferentes a la misma hora.
2. Trazar las esferas celestes para un observador ubicado en nuestro observatorio y en los otros dos analizados en el punto anterior. Advertir que hay objetos celestes que no se van a poder observar en algunas regiones del planeta. ¿Por qué?
3.
  - a) Estime el rango de valores en la declinación de los cuerpos celestes que nunca podrían observarse en nuestra ciudad (objetos perpetuamente invisibles).
  - b) Determine el intervalo de declinación de aquellos cuerpos celestes que siempre son observables en nuestra ciudad (objetos perpetuamente visibles).
4. Utilizando el programa Stellarium describa ahora el cielo en diferentes épocas del año, para los observatorios elegidos.
5. Indicar los cambios que se observan.
6. Usando el programa Stellarium, posicionarse en el cielo nocturno de la ciudad de Córdoba para el día 2 de junio del corriente año a las 22:00 (esta hora es sugerida, si desea avanzar en la noche tiene libertad de hacerlo).
  - a) Busque y registre no menos de 20 estrellas que observe; haciendo click sobre cada una leer en el extremo superior izquierdo sus datos característicos. Si encuentra una estrella variable se ganará un premio. Luego confeccione con los mismos una tabla como la siguiente:
  - b) Repita el procedimiento anterior identificando ahora no menos de 10 nebulosas planetarias completando la siguiente tabla:



Estrella	Constelación <sup>(1)</sup>	Magnitud	Magnitud Absoluta	Tipo Espectral	Distancia (a.l.)	Paralaje (")	Comentarios <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Indique la constelación mas cercana en la que se encuentre.

<sup>(2)</sup> En esta columna podría indicar algunos datos específicos utilizados para su identificación, variabilidad, etc., como así también la hora elegida en el programa.

Nebulos Planetaria	Constelación	Magnitud	Comentarios

- c) Repita el procedimiento identificando ahora no menos de 20 cúmulos, tanto abiertos como globulares. Primeramente marcará sobre la esfera celeste el plano galáctico siguiendo la siguiente secuencia: **F4** -- **Marcas** -- click en la opción **Línea del plano galáctico** -- **X** (cerrar ventana). Advierta que a los cúmulos abiertos se los representa con una pequeña circunferencia de puntos mientras que a los cúmulos globulares con una pequeña circunferencia cerrada con una cruz circunscripta. Luego confeccione otra tabla como la siguiente:

Cúmulo	Constelación	Abierto Globular	Magnitud	Tamaño Angular	Comentarios

¿Qué podría decir acerca de la posición relativa de los cúmulos abiertos y de los cúmulos globulares respecto a la línea del plano galáctico?

- d) Finalmente, repita el procedimiento identificando ahora no menos de 20 galaxias. Para ello tenga en cuenta que las mismas son representadas sobre la esfera celeste con pequeñas circunferencias.

Galaxia	Constelación	Magnitud	Tamaño	Comentarios

7. Elabore un informe con la siguiente estructura:

- Introducción
- Desarrollo actividad 1
- Gráficos detallados en la actividades 2
- Conclusiones parciales





- Desarrollo actividad 3,4, 5 y 6.
- Conclusiones parciales y finales
- Tipo de letra Times New Roman 12p interlineado sencillo. “.doc”

Suba la actividad a la plataforma.



---

### 14.3. Actividad No Presencial 3: Astronomía multifrecuencia

#### Objetivo:

- Reconocer la variedad de bandas del espectro electromagnético en objetos celestes.
- Plantear temas científicos a partir de las imágenes en diferentes bandas.
- Construir imágenes en falso color a partir de imágenes en diferentes bandas.

#### Elementos a utilizar:

- Imágenes de un objeto celeste disponibles en Internet.
- Programas de edición de imágenes (por ej., GIMP).
- Material bibliográfico de consulta

#### Desarrollo:

1. Busque el objeto M1, conocido como *Nebulosa del Cangrejo*, utilizando el programa Stellarium.
2. ¿Desde qué Hemisferio se observa este objeto?
3. Elija un lugar donde sea visible. Luego determine en qué época del año se lo puede ver desde allí.
4. Investigue qué tipo de objeto es, y cuáles son los registros más antiguos que se refieran al mismo.
5. Responda el siguiente cuestionario:
  - a) ¿Porqué las imágenes son diferentes?
  - b) ¿Hay algún rasgo particular que sobresalga en cada una de las imágenes?
  - c) ¿A qué cree que se deben estas diferencias?
6. Descargue las imágenes en diferentes bandas desde la Plataforma Educativa o desde la página web del Observatorio Astronómico.
7. Realice una combinación de las imágenes utilizando programas apropiados. Para ello puede utilizar los instructivos que se encuentran en la Plataforma Educativa o en la página web del Observatorio Astronómico.
8. Utilice esta herramienta para resaltar diferentes regiones.
9. Elabore un informe con la siguiente estructura:
  - Introducción
  - Desarrollo actividad
  - Imágenes utilizadas y resultado final.
  - Conclusiones parciales y finales
  - Documento de texto (y/o “.doc”) con tipo de letra Times New Roman 12p o similar, interlineado sencillo.
10. Suba la actividad a la plataforma.



#### 14.4. Actividad No Presencial 4: Espectro del Sol. Espectros de las estrellas.

##### Objetivo:

- Afianzar los conceptos vinculados a la clasificación de las diferentes estrellas.
- Derivar las características principales del espectro solar y de algunas estrellas a través de la comparación directa con espectros estelares conocidos, con el propósito de clasificarlos y derivar sus características principales.

##### Elementos a utilizar:

- Base de espectros estelares existente en el OAC y en otros observatorios.
- Ordenador personal. Programas de Procesamiento de Texto y Planilla de Cálculo (Microsoft Word, Microsoft Excel, etc.).
- Tablas confeccionadas en la Actividad No Presencial 2.

##### Desarrollo:

1. Elija las estrellas de la Tabla 1 perteneciente a la Actividad No Presencial 2. Con los datos allí consignados de las magnitudes aparente y absoluta, elabore una planilla de cálculo la cual utilizará para verificar el valor de las paralajes y distancias (en años luz) de cada una de ellas utilizando la fórmula del módulo de distancia. Recuerde que en la misma,  $r$  representa la distancia en parsec y su inverso constituye su paralaje trigonométrica (expresada en segundos de arco); también tenga en cuenta que  $1 \text{ pc} = 3,262 \text{ a.l.}$  Muestre y comente sus resultados.
2. Usando nuevamente la Tabla 1 de la Actividad No Presencial No 2, construya un Diagrama HR tomando como abscisa el índice de color (B-V) y como ordenada la magnitud absoluta  $M$ . Estos diagramas suelen llamarse también diagramas color-magnitud, teniendo como ordenadas la magnitud absoluta visual, aunque aproximaremos dicho valor a la obtenida de la tabla. Recuerde que el ordenamiento en el eje vertical es invertido al tradicional, es decir, con los valores crecientes inferiormente. Luego trace aproximadamente la Secuencia Principal.
3. En la Figura 14.1 se muestra el espectro del Sol. Identifique en él las principales líneas espectrales y, mediante valores dispuestos en tablas (se puede tomar los de la Figura 14.2), confeccione una escala en la que se indique sobre el mismo los valores correspondientes de las longitudes de onda asociadas a cada una de ellas.
4. Mediante los espectros estelares proporcionados por el OAC (Figura 14.3), se deberá realizar una comparación directa del espectro de las estrellas HD 143280 y HD 142431 con los correspondientes espectros típicos de Tipo Espectrales conocido (misma Figura debajo de dichas estrellas). Luego, deduzca de una manera aproximada cuál es el tipo espectral correspondiente.
5. Para el tipo espectral encontrado en el punto anterior, investigar acerca de las características estelares asociadas al mismo. ¿En qué sector de la Secuencia Principal se encontraría ubicado nuestro Sol? ¿Por qué? Y las estrellas HD 143280 y HD 142431?

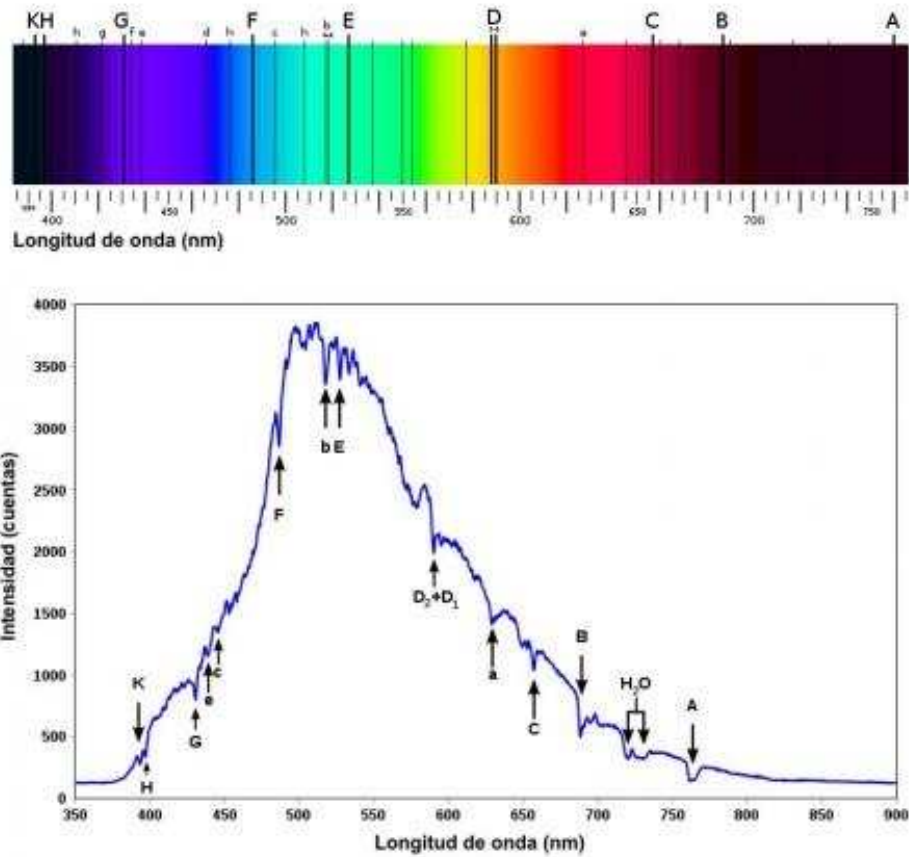


Figura 14.1. Espectro del Sol.

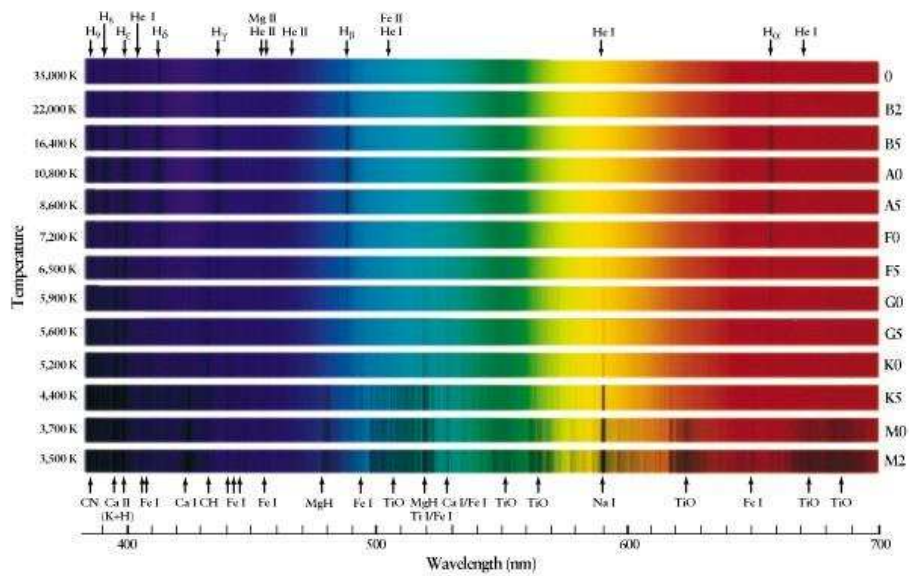
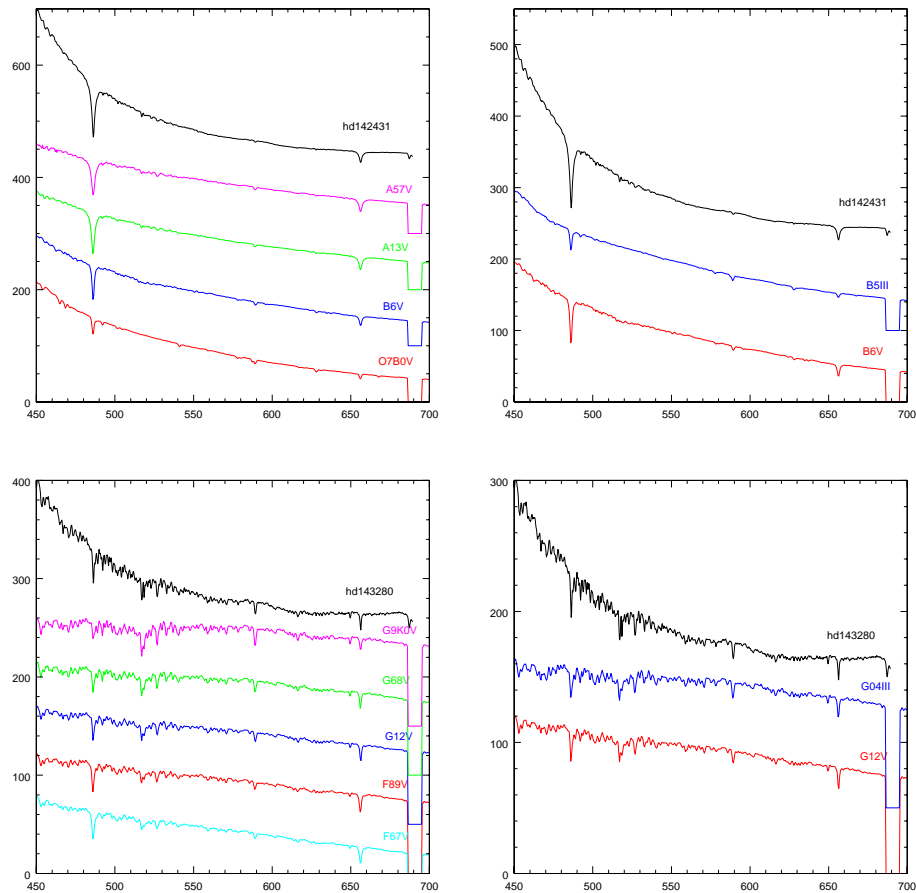


Figura 14.2. Espectros, temperatura vs longitud de onda, líneas espectrales característica.



**Figura 14.3.** Espectros, temperatura vs longitud de onda, líneas espectrales característica.

6. Hacer una búsqueda en internet y/o stellarium sobre dichos objetos. Dar las características principales de los mismos. ¿Pertenece a algún cúmulo estelar o asociación? ¿O son estrellas de campo?

7. Elabore un informe con la siguiente estructura:

- Introducción
- Desarrollo actividad 1
- Gráficos detallados en la actividades 2
- Desarrollo actividad 3,4, 5 y 6.
- Conclusiones parciales y finales
- Tipo de letra Times New Roman 12p interlineado sencillo. “.doc”

Suba la actividad a la plataforma.