

Taller de matemáticas a la luz de las estrellas

Federico Fernández Porredón (IES San Hermenegildo La Cuesta-La Laguna)

Fecha de recepción: 29 de octubre de 2009

Artículo solicitado al autor por la revista

Resumen

Este artículo pretende ser una colaboración con la revista *Números* con motivo de la celebración durante 2009 del Año Internacional de la Astronomía. Primer año, por cierto, que no se puede impartir Astronomía como asignatura optativa en Enseñanza Secundaria, cosa que venía haciéndose en nuestro instituto desde 1991.

Mediante esta aportación queremos animar al profesorado de los niveles mencionados a practicar astronomía nocturna con sus alumnos, lo que ayudará a desarrollar en ellos actitudes, como la curiosidad por realizar mediciones teniendo a los astros como protagonistas. El fuerte componente lúdico que posee la contemplación del firmamento desde las cumbres canarias les ayudará a afianzar determinados conceptos matemáticos básicos, a través de ese laboratorio natural, cambiante y gratuito que es la bóveda celeste.

Palabras clave

Cielo, magnitudes estelares, conceptos matemáticos, eclipse anular, azimut.

Abstract,

This article tries to collaborate with the magazine *Números* on the celebration in 2009 of the International Astronomy Year. By the way, in fact, this will be the first year, since 1991 when our school first offered it in the Canaries, Astronomy can't be studied as an optional subject in our High School, as it used to be.

Our contribution pretends to encourage teachers and other members of the school staff in making nocturnal observations with students. The observation of the sky from the Canarian summits can be a recreational activity that helps students to fix basic Mathematics knowledge, through this changeable and absolutely free and natural laboratory and at the same time, help them develop positive attitudes, such as curiosity about the measurement of the stars.

Keywords

Sky, stars magnitudes, mathematic knowledge, annular eclipse, azimuth.

1. Introducción

En el archipiélago canario se dan unas condiciones óptimas para la observación del cosmos: la altura de muchas de sus cumbres que superan los 2.500 metros; la ausencia de turbulencias atmosféricas por encima de la capa de inversión térmica; su ubicación geográfica en torno a los 28 grados de latitud, que nos permite ver a lo largo del año todo el hemisferio norte celeste y gran parte del hemisferio sur hasta una declinación de 62 grados por debajo del ecuador celeste, y la escasa contaminación lumínica e industrial, sobre todo en las islas no capitalinas, han hecho que la comunidad científica internacional haya puesto sus ojos, y con ellos sus mejores telescopios, en las cumbres de nuestras islas. Con la Ley de Protección del Cielo se abren perspectivas para combatir la contaminación lumínica a la vez que se sensibiliza a la población, y a sus gobernantes, a hacer un uso



más racional del alumbrado público y privado. Es así que el observatorio del Roque de los Muchachos en La Palma, compite con ventaja con su homólogo americano, situado en Hawai, habiéndose convertido en el Observatorio Norte Europeo.

La comunidad educativa no debe permanecer al margen de este excelente recurso natural, teniendo la obligación moral de fomentar su conocimiento y su utilización con fines didácticos.

1.1 ¿Dónde y cómo observar el cielo?

Para empezar basta con observar a simple vista. Disponemos de un par de instrumentos ópticos insuperables: *nuestros ojos*. Con una mínima formación previa sacaremos el máximo partido de ellos. Estos pueden ser algunos consejos simples pero importantes a la hora de programar observaciones nocturnas con la participación del alumnado:

1º Debemos elegir bien la primera observación. Para ello se ha de escoger una noche sin luna y despejada. Una primera tentativa fallida desmoraliza mucho. Iremos, preferentemente, a una zona alta, por lo que llevaremos a la observación ropa de abrigo y algún alimento rico en calorías. Es importante llegar al lugar elegido antes de la caída de la noche, contemplar la puesta de sol es útil para orientarnos y además, con suerte, podremos contemplar el rayo verde.



Figura 1. El rayo verde se puede apreciar a la puesta de sol tras el horizonte marino sólo cuando las condiciones atmosféricas son muy favorables.¹

¹ Cuando el Sol (u otro astro) sale o se pone atraviesa mayor espesor de atmósfera que cuando está alto. El índice de refracción de ésta varía con la densidad de la misma y con la temperatura del aire, por lo que los rayos se refractan más cuando el Sol está próximo al horizonte. La componente verde de la esfera solar se dispersa más que la componente roja o amarilla, por eso cuando ésta acaba de ocultarse no lo ha hecho aún la verde.

2º La salida nocturna debe programarse conjuntamente con padres y madres de alumnos interesados en la experiencia; el grupo no debe ser demasiado numeroso, se puede poner un límite en torno a 20 personas. Los vehículos deben ser coches de padres y/o profesores; aunque lo mejor es ir en microbús si el centro educativo dispone de recursos económicos en ese momento, aunque, como es sabido, esto rara vez ocurre.

3º El alumnado deberá llevar un cuaderno de campo donde anotará sus propios “descubrimientos”.

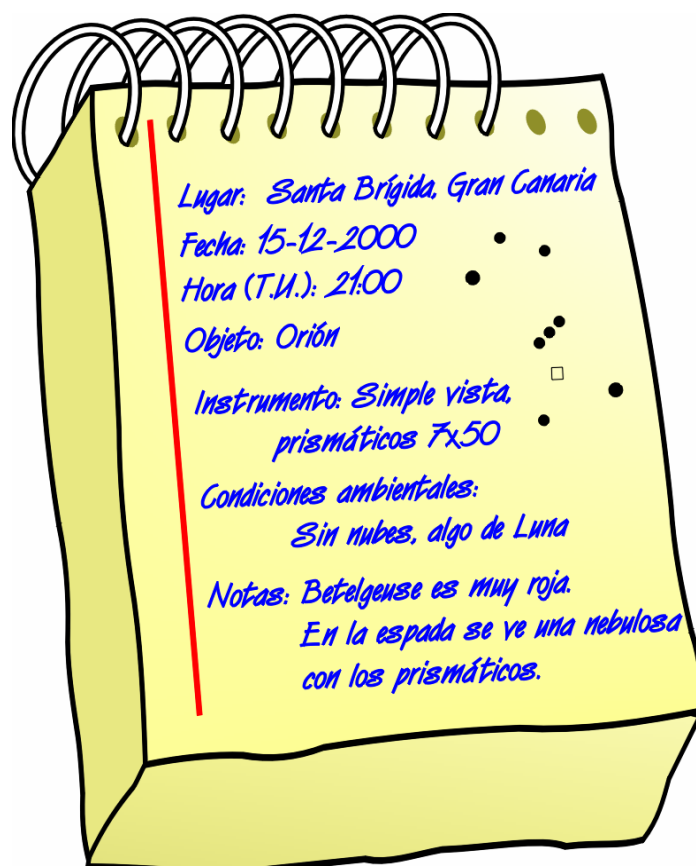


Figura 2. Ejemplo de cuaderno de campo

5º El grupo debe disponer de prismáticos; los que tienen la inscripción 7x50 son los más recomendables para empezar (7 es el número de aumentos y 50 los milímetros de diámetro que tiene el objetivo, o sea la lente por donde entra la luz).

6º Cada alumno llevará una *carta celeste* que reproduzca el cielo que se puede observar durante la noche. Hay muchos programas informáticos que se pueden bajar de Internet y permiten seleccionar lugar, día y hora de la observación e imprimir la carta celeste correspondiente. En ella se aprecia la posición de las constelaciones, planetas y otros astros visibles esa noche a una hora determinada. Si la observación va a ser larga debemos llevar cartas correspondientes a varias horas de la noche.



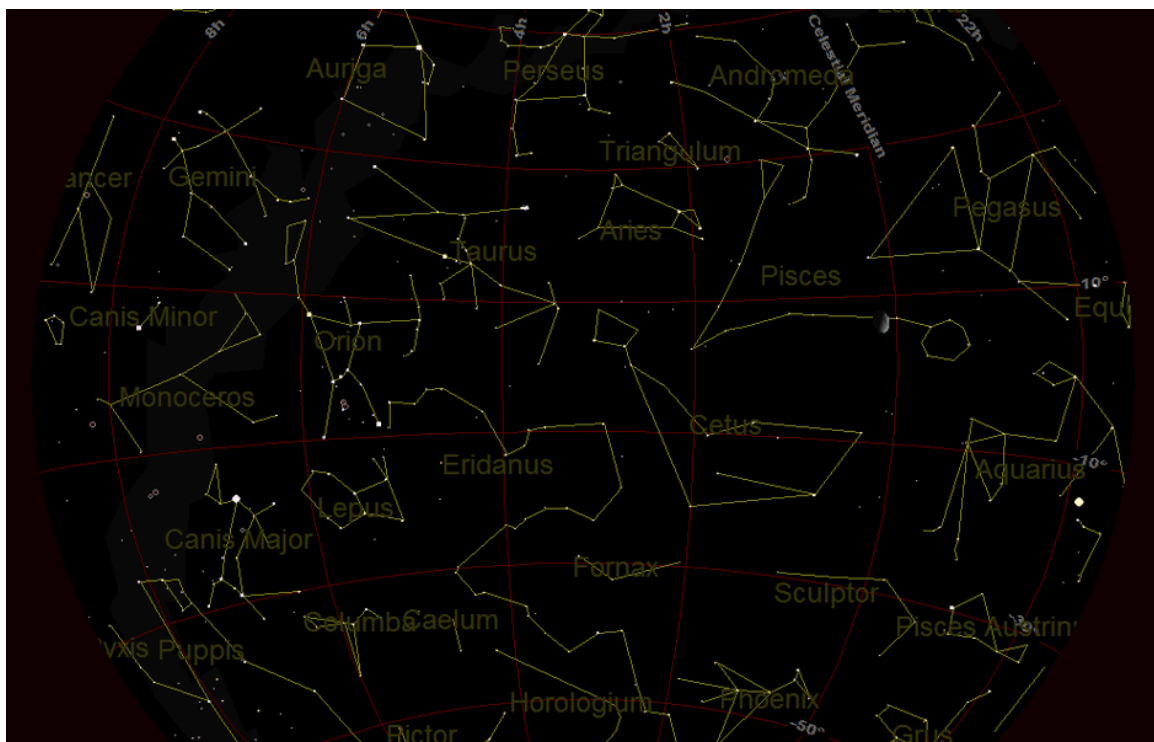


Figura 3. Carta celeste correspondiente al día 24 de diciembre de 2009 a las 23:00 horas.²

7° Para mostrar un determinado astro en el cielo, o las formas de las constelaciones, es aconsejable que la persona responsable de la observación lleve un láser verde³, éste al interactuar con el vapor de agua marca perfectamente la línea recta que conduce al astro deseado.

8° Se apunta una última consideración, no por ello menos importante: la necesidad de que la persona que dirija la observación sepa reconocer las constelaciones más significativas, pues estas son referencias de lugar en el cielo. Por ejemplo, cuando queremos localizar un cometa decimos, como primera aproximación, que está en una determinada constelación.

² Carta celeste extraída del programa Starry Night Pro.

³ Debe ser usado con precaución por la persona que coordine la observación, en instantes muy puntuales y procurando interferir lo mínimo posible con el medio ambiente y la fauna del lugar.



Figura 4. Cometa P17-HOLMES. Fotografía tomada con teleobjetivo de 200 mm de focal, que proporciona una visión similar a la de unos prismáticos de 7x50.

Pongo un ejemplo concreto: el viernes dos de noviembre de 2007, durante una observación realizada en el mirador de Chipeque con alumnos de Club Astronómico del IES *San Hermenegildo*, queríamos fotografiar un peculiar cometa, sin cola, el P17-HOLMES, que se había hecho visible unos días antes. Hubiese sido muy difícil la localización del cometa si sólo hubiéramos tenido como referencia su existencia, incluso si hubiésemos dispuesto de la imagen de la figura 4. Enseguida fue localizado por los alumnos porque conocíamos, por las efemérides, la constelación donde se encontraba, la de Perseo. Dirigiendo la vista hacia dicha constelación, no resultó difícil encontrarlo y fotografiarlo. En la figura 5 se aprecia el cometa en su contexto tal y como lo vimos a simple vista.

Se da la circunstancia de que el cometa P17-HOLMES experimentó un singular incremento de actividad, aumentando su brillo dos millones de veces en 24 horas. Este aumento exponencial de brillo tuvo profunda repercusión en la comunidad astrofísica internacional y fue descubierto por D. Juan Antonio Henríquez Santana⁴, profesor de Matemáticas del IES *Teowaldo Power* de Santa Cruz de Tenerife.

⁴ D. Juan Antonio Henríquez Santana es miembro número 753 de la Sociedad Canaria *Isaac Newton* de Profesores de Matemáticas.





Figura 5. El cometa P-17 Holmes en la constelación de Perseo. Arriba a la izquierda se aprecia Casiopea y a la derecha el cúmulo de las Pléyades, grupo de estrellas jóvenes, situadas a 42 millones de años luz de nosotros y formadas hace unos 100 millones de años. Fotografía tomada con objetivo gran angular de 18 mm de focal.

Las actividades astronómicas más usuales tratan de reconocer en primera instancia los diferentes tipos de cuerpos celestes que podemos observar, comenzando por las constelaciones. Pero durante una observación astronómica, además del reconocimiento físico de los diferentes tipos de astros y los distintos estadios evolutivos en los que se encuentran, debemos realizar medidas, calcular distancias, utilizar sistemas de coordenadas para localizar un astro, etc. Y para ello utilizaremos conceptos y procedimientos matemáticos.

2. Experiencias propuestas

Se proponen a continuación una serie de prácticas elementales, realizadas en múltiples ocasiones con mis alumnos para trabajar conceptos matemáticos sencillos en un lugar muy diferente al aula, aprovechando la magia de una noche estrellada.

2.1 Los cinco primeros astros de la noche. Altura y azimut: coordenadas polares

Tras haber disfrutado de la puesta de sol pondremos en acción al grupo. Pero... ¿qué podemos hacer con nuestros jóvenes y vitalistas alumnos en una zona alta de la isla en los minutos que tarda en llegar la oscuridad?

En ese momento se les propondrá localizar los cinco primeros astros que se hacen visibles durante el anochecer. Los cinco astros serán diferentes según la época del año en que se haga la observación y dependerá también de los planetas presentes en nuestro cielo. Los alumnos se distribuirán en pequeños grupos tratando de agudizar la vista.

Para esta experiencia necesitamos un cuadrante y una ballestilla similares a los de las figuras 6 y 7:



Figura 6a. Cuadrante.

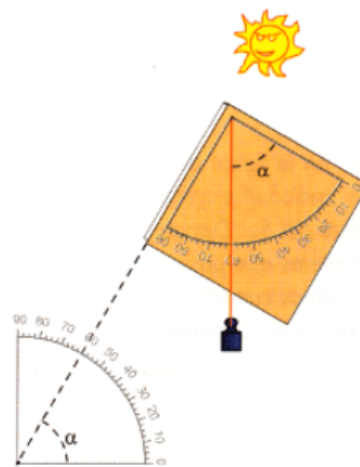


Figura 6b. Altura de un astro

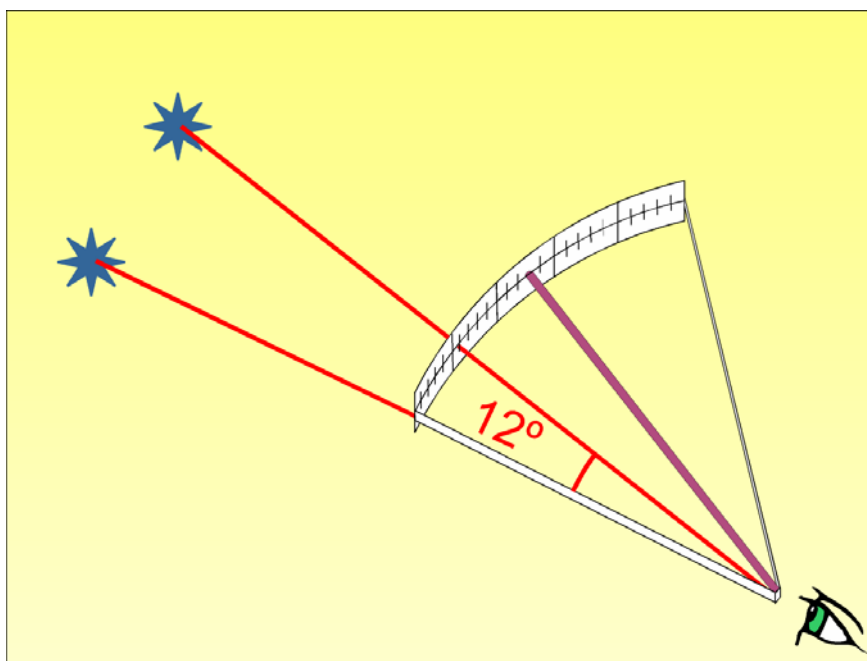


Figura 7. Ballestilla⁵

Para marcar los grados de arco en la regla flexible, lo más cómodo es dividirla en centímetros y que cada centímetro represente un grado, la circunferencia que cumple esa condición tiene 57,3 cm de

⁵ Instrumento para medir distancias angulares. Consiste en una regla flexible de unos 60 centímetros de longitud con un palo central. Se amarra una cuerda a los extremos y se apoya en el extremo del palo. Los tres radios que le dan a la regla forma de arco deben medir 57,3 cm.



radio: $2\pi r = 360\text{cm} \Rightarrow r = 57,3\text{cm}$. Para un uso cómodo del instrumento, la longitud de la regla no debe superar los 60 centímetros.

Procedimiento: Los diferentes grupos deberán anotar en su cuaderno, según orden de aparición, los cinco primeros astros observados, al no tener otra referencia que su distancia angular al horizonte tendrán que hacer uso de un parámetro: la *altura* a la que se encuentra cada astro sobre el horizonte, ésta se medirá con el cuadrante.

El resultado será la elaboración de una primera tabla en que figuren: el orden de aparición del astro, que estará relacionado con su brillo, la hora en que se hizo visible, y su *altura*.

A título de ejemplo, el resultado obtenido desde Izaña el día 24 de abril de 2009 por uno de los grupos de alumnos participantes en la observación lo reflejaron en la tabla 1. Detectaron los cinco primeros astros que se hicieron visibles a sus ojos, pero lógicamente, de entrada, no identificaron ninguno de ellos al carecer de una visión de conjunto.

Astro observado	Hora	Altura
1°	20:42	35°
2°	20:45	18°
3°	20:46	27°
4°	20:46	17°
5°	20:47	45°

Tabla 1. Hora de aparición y altura de cada uno de los cinco primeros astros que se hicieron visibles.

Minutos después, una vez que la oscuridad haga posible que se vea la Estrella Polar⁶ (ésta no destaca por su brillo) se traza su proyección sobre el horizonte, (se puede usar para ello, con precaución, el láser verde) que dará como resultado el punto cardinal norte. Sin más que medir tramos de 90° con nuestra ballestilla situaremos en nuestro horizonte los puntos cardinales este, sur y oeste.

Podremos ahora medir la segunda de las coordenadas del astro, la coordenada horizontal, la correspondiente al *azimut*, ampliando así nuestra tabla. Al punto cardinal norte se le atribuye un azimut cero grados. Para medir el azimut de un astro, ver figura 8, se traza una perpendicular desde el astro al horizonte, cortándolo en el punto P; y se mide con una ballestilla el ángulo que hay entre el punto cardinal norte y el punto P, siguiendo el sentido horario. Si este ángulo es muy grande se mide el ángulo que forma P con el punto cardinal más próximo, y se completa luego hasta el norte. Como referencia tenemos que el azimut del este es de 90 grados, el del sur de 180 grados, el del oeste 270 grados.

⁶ Se da la circunstancia de que la Estrella Polar está en la prolongación del eje de la Tierra, con lo que su altura determina la latitud del lugar de observación. Si estamos en el polo norte la veremos a una altura de 90 grados (sobre nuestra cabeza), si nos vamos al ecuador se verá a una altura de cero grados (sobre el horizonte) y desde Canarias se ve a una altura de unos 28 grados. Pidamos a los alumnos que lo comprueben usando el cuadrante.

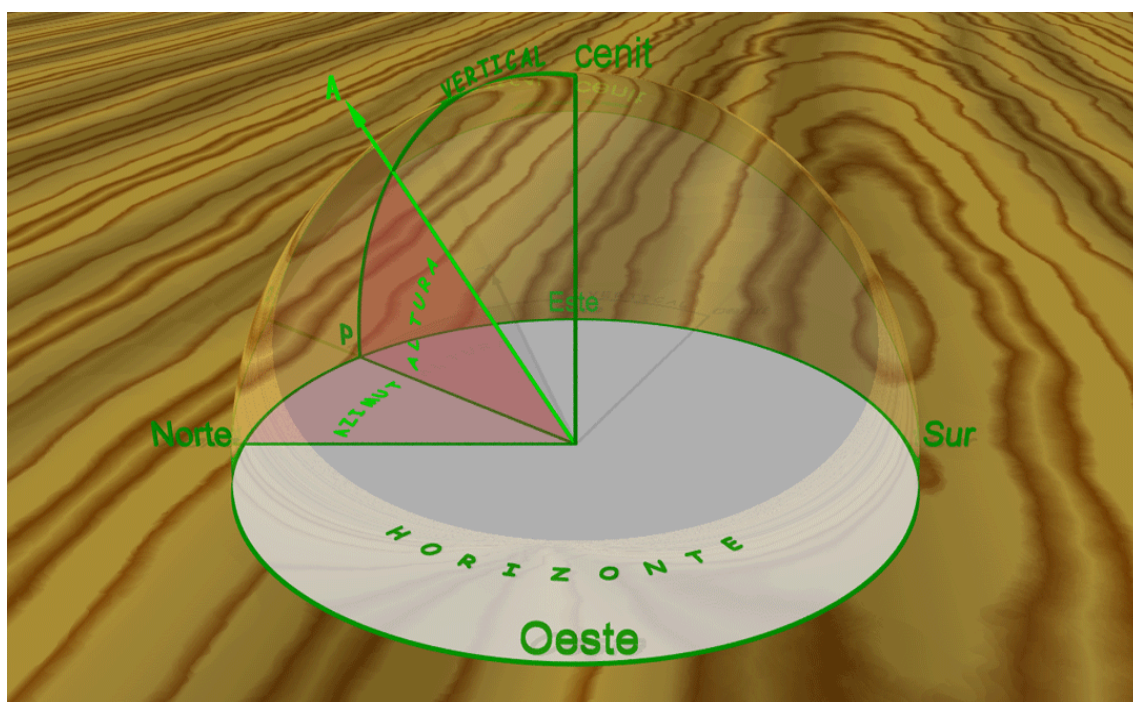


Figura 8. Representación de la altura y el azimut de un astro.

Contrastando las coordenadas de cada astro en una carta celeste actualizada, similar a la de la figura 3, se puede identificar cuáles son cada uno de ellos y en qué constelación⁷ está. En el ejemplo que nos ocupa los cinco primeros astros observados y sus coordenadas resultaron ser los que se muestran en la tabla 2.

	Hora	Altura	Azimut
1º Sirio (Can Mayor)	20:42	35°	218°
2º Mercurio (Aries)	20:45	18°	285°
3º Rigel (Orión)	20:46	27°	244°
4º Arturo (Boyero)	20:46	17°	77°
5º Capella (Auriga)	20:47	45°	307°

Tabla 2. Resumen de la actividad

2.2 El brillo de las estrellas. Magnitudes estelares: progresión geométrica

El orden de aparición de los astros de la práctica anterior se debe sin duda a su brillo. Pueden influir otros aspectos, como la proximidad del astro al horizonte oeste, más resplandeciente que el

⁷ Cuatro de los cinco astros de la tabla están siempre en la misma constelación, de entre ellos sólo Mercurio se desplaza entre las constelaciones.



resto del cielo por efecto del crepúsculo, pero en igualdad de condiciones el factor determinante es el brillo.

El brillo aparente⁸ de un astro, el brillo visto desde la Tierra, lo medimos mediante una escala de magnitudes tal que, cuanto más brillante sea, más pequeña será la cifra que lo representa en la escala. Por ejemplo una estrella de magnitud 0 es dos veces y media más brillante que otra de magnitud 1, que a su vez es 2,5 veces más brillante que una de magnitud 2, etc. En la práctica es difícil poder observar a simple vista estrellas con magnitud superior a +6. Algunas estrellas se ven tan brillantes que tienen magnitud negativa, (un caso extremo es nuestra estrella el Sol, que tiene magnitud -26).



Figura 9. Un triángulo muy particular⁹

La escala de magnitudes estelares fue una propuesta del astrónomo griego Hiparco, que elaboró el primer catálogo de estrellas que se conoce alrededor del 150 a.C. Como el rasgo más llamativo al contemplar las estrellas es el brillo, Hiparco las clasificó en función de esta propiedad.

Para empezar, buscó todas las estrellas más brillantes y midió su posición. Al ser éstas las que más destacan, les asignó la 1ª magnitud. Después escogió las estrellas que más o menos parecían tener la mitad de brillo que las anteriores y las clasificó de 2ª magnitud; a las que eran la mitad de brillantes

⁸ Al hablar de magnitud de un astro nos referimos a su magnitud aparente. Con la finalidad de precisar el brillo de las estrellas, independientemente de la distancia a la que se encuentren (éste disminuye con su cuadrado) se introduce la *escala de magnitudes absolutas*, que mide el brillo intrínseco de una estrella. Se define magnitud absoluta al brillo que tendría el astro si estuviera situado a diez parsecs, 32,6 años luz de la Tierra.

⁹ El triángulo de la fotografía está formado por los tres astros del cielo nocturno más brillantes vistos desde la Tierra. La Luna tenía ese día magnitud -10,5; Venus, magnitud -4,0; Júpiter -2,4. La magnitud de los planetas y la Luna puede cambiar en función de su fase y su distancia a la Tierra.

que las anteriores les asignó la 3ª, y así hasta llegar a las más débiles que podía detectar, que les asignó la 6ª magnitud.

El método de Hiparco, aunque bueno, no era del todo exacto, pues a simple vista y sin ningún instrumento de medida no podía determinar el brillo exacto de las estrellas. Pero en 1830, John Herschel ideó un método más preciso para medir los brillos estelares y encontró que la mayoría de las estrellas de 1ª magnitud de la serie de Hiparco eran 100 veces más brillantes que las de 6ª magnitud, como en cinco magnitudes disminuye el brillo 100 veces, no puede ser dos el factor de conversión de una magnitud a otra, ya que $2^5 = 32$ por tanto una estrella de magnitud λ no puede tener un brillo dos veces mayor que las de magnitud $\lambda + 1$. Para calcular cuantas veces más brillante es una estrella que otra de magnitud inmediata superior debe cumplirse que la diferencia de brillo x entre dos magnitudes consecutivas sea tal que $x^5 = 100$; con lo que $x = \sqrt[5]{100} = 2,512$. Por lo tanto, la diferencia de brillo entre una estrella de magnitud λ y otra de magnitud $\lambda + 1$ que en un principio se había considerado como el doble era en realidad 2,512 veces. Esta es la escala que actualmente utilizan los astrónomos.

Herschel, descubrió que algunas estrellas eran más brillantes que las que Hiparco había denominado de 1ª magnitud y ahora tenemos las de magnitud 0, e incluso de magnitud negativa. Por ejemplo, Sirio, la estrella con el brillo aparente mayor de todo el cielo, tiene una magnitud de $-1,4$. La escala actual asigna a la estrella Vega de la constelación de Lyra la magnitud 0,0.

Como actividad durante la observación se puede calcular cuántas veces es más brillante un astro que otro conocidas sus magnitudes. Como ejemplo tratemos de ver cuántas veces es más brillante Venus que Júpiter en la fotografía de la figura 9.

Dado que la diferencia de magnitudes es: $(-2,4) - (-4,0) = 1,6$;

Venus será: $2,512^{1,6} = 4,365$ veces más brillante que Júpiter.

2.3. Estrellas variables. Determinación de magnitudes estelares: interpolación

La mayoría de las estrellas presentan un brillo constante, pero hay algunas cuyo brillo cambia periódicamente. A éstas se les llama *estrellas variables*.

Algunos sistemas binarios, pares de estrellas próximas que giran en torno a un centro común, nos presentan sus componentes casi de perfil. En este caso, las dos estrellas se eclipsarán entre sí total o parcialmente. La luz de tales estrellas, denominadas *binarias eclipsantes*, presentará variaciones en su intensidad, convirtiéndose en un tipo de estrella variable. El prototipo de esta clase de variables es la estrella Algol¹⁰ (del árabe Ra's al-gul, *cabeza del ogro*), es también denominada *la estrella del demonio* y resulta perceptible a simple vista.

Vamos a proponer la determinación de la magnitud aparente de una estrella variable, por ejemplo, *R Coronae Borealis*. Esta estrella puede observarse a horas prudenciales durante el último trimestre del curso y el verano. Tiene un periodo variable, mostrando durante muchos meses magnitud 5,7 y bajando repentinamente a magnitud 11 o incluso a veces hasta magnitud 14.

¹⁰ La estrella Algol de la constelación de Perseo se aprecia en la figura 5. Es la estrella más brillante que se ve a la derecha del cometa, cerca de él.



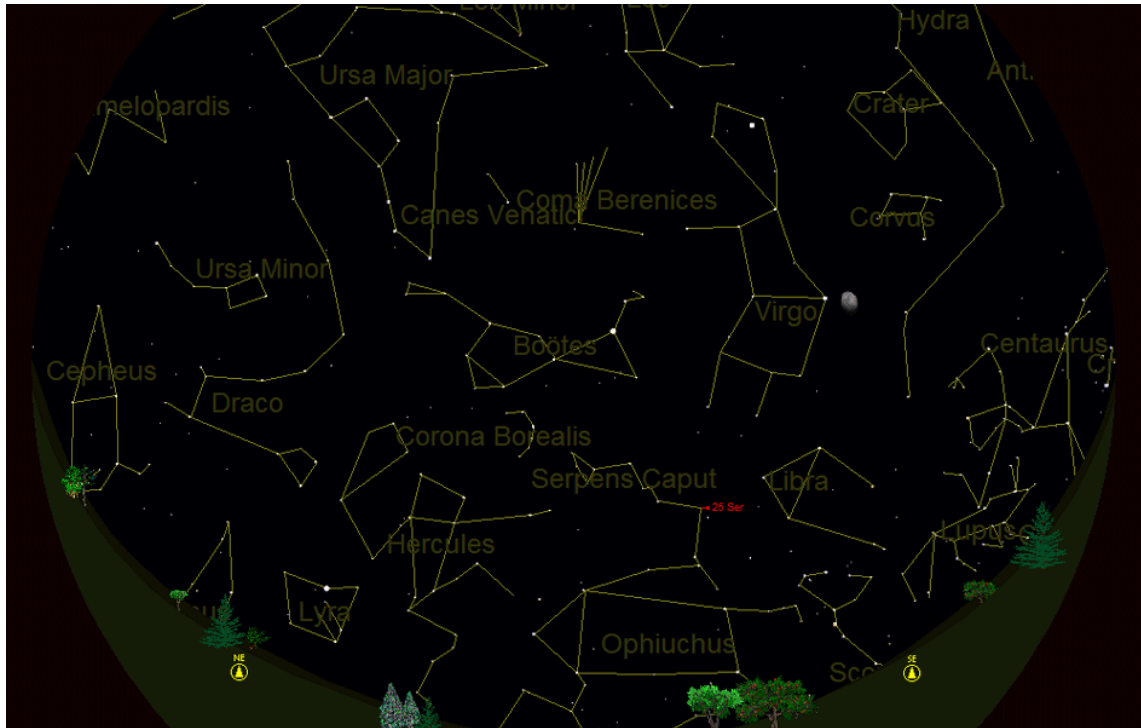


Figura 10. Carta de localización de la constelación Corona Boreal

Procedimiento: El método a seguir para determinar la magnitud de una estrella es el denominado método de Argelander y se basa en el concepto matemático de interpolación.

Contaremos para ello con una carta de la zona donde está la variable y las estrellas próximas a ellas con sus magnitudes indicadas.

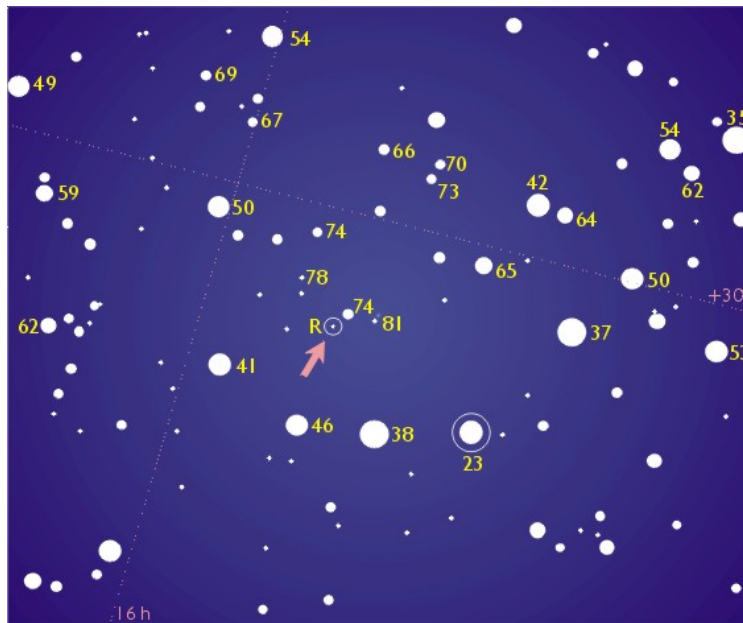


Figura 11. Carta de localización de la estrella variable *R Coronae Borealis*. Las cifras que figuran junto a las estrellas de referencia son sus magnitudes. Ejemplo: 46 significa su magnitud es 4,6.

Hay que elegir dos estrellas de referencia que tengan magnitudes similares, y que no disten mucho de la estrella incógnita. Una de ellas, la estrella A, debe ser más brillante que la variable y la otra, B, menos brillante; las diferencias de brillo entre las estrellas de referencia y la variable no han de ser superiores a 0,5 magnitudes; a esas magnitudes las llamaremos M_A y M_B . Ahora las observamos en el cielo y las comparamos con el brillo de la variable asignándoles un valor, G_A y G_B , comprendido entre 1 y 5, a cada una de ellas según el siguiente criterio: 1 Si siempre las vemos iguales, pero en algunos momentos parecen diferentes. 2 Si parecen iguales pero enseguida se aprecia una ligera diferencia. 3 Si desde el primer momento las vemos diferentes. 4 Si la diferencia es notable siempre. 5 Si la diferencia de brillo es enorme. Una vez asignados los valores podemos calcular por interpolación

la magnitud de la variable haciendo uso de la expresión:
$$M_v = M_A + \left[\frac{G_A(M_B - M_A)}{G_A + G_B} \right]$$

Veamos un supuesto práctico: Supongamos que para determinar la magnitud de la estrella variable *R Coronae Borealis*, hemos elegido como estrella más brillante una de magnitud 5,4 y como menos brillante otra de magnitud 6,2. Obviamente entre esos dos valores tiene que estar la magnitud de la estrella variable, y tanto más próximo a la que hemos asignado menor valor de G. Supongamos que la primera nos ha parecido muy similar y le dimos un valor $G_A=2$, y la segunda nos ha parecido suficientemente diferente y le hemos asignado un valor $G_B=4$. Se puede comprobar, aplicando la ecuación de Argelander, que la magnitud estimada de la variable es de 5,7.

2.4 ¿Cuántas estrellas vemos en el cielo? El contador de estrellas: Media aritmética

Si se quiere tener una idea aproximada del número de estrellas visibles en una noche desde un lugar determinado, se puede hacer uso de un instrumento muy fácil de construir, el contador de estrellas. Sobre una cartulina se recorta un círculo de 12 centímetros de diámetro y se sitúa a 30 centímetros del ojo (con la ayuda de una cuerda de esa longitud unida a la cartulina), se puede disponer así de un dispositivo que cubre un ángulo sólido que abarca la centésima parte de la superficie de la bóveda celeste.



Figura 12. El contador de estrellas



Deben participar en el cálculo varios observadores. Cada uno se asigna una parte del cielo, debido a que los astros no están distribuidos de forma homogénea, y cuenta las estrellas visibles a través del contador. A continuación se suman los resultados obtenidos por todos los observadores, se divide por el número de participantes para calcular el valor medio y finalmente se multiplica por cien para tener un valor estimativo del número de estrellas visibles en el firmamento esa noche desde ese lugar.

2.5 Diámetro aparente de un astro en función de su distancia. Eclipses de Sol: concepto de radián

El diámetro aparente de un determinado astro es la distancia angular correspondiente al diámetro del astro visto desde la Tierra; lo medimos en segundos de arco en el caso de los planetas y en minutos de arco en el caso del Sol y de la Luna. El diámetro aparente de la Luna oscila entre los 30 y los 33 minutos de arco, dependiendo de que esté en el apogeo o perigeo, respectivamente. El diámetro aparente del Sol oscila entre los 31 minutos de arco, cuando la Tierra está en el afelio; esta máxima distancia al Sol se produce en torno al 5 de julio; y los 33 minutos de arco en el perihelio, que se produce en torno al 5 de enero. Esta similitud de tamaños angulares entre el Sol y la Luna hace que pueda verse desde la Tierra un tipo de fenómeno singular: el eclipse total de Sol. Durante un eclipse total, la Luna cubre exactamente al Sol pudiéndose apreciar, a simple vista, la corona solar y zonas de la cromosfera como las protuberancias¹¹. Además durante la fase de totalidad se pueden ver generalmente los planetas Mercurio y Venus.



Figura 13. Eclipse total de Sol. Fotografía tomada durante una expedición de *Shelios*¹² a Siberia en la que participaban además 16 alumnos de 1º de bachillerato.

¹¹ ¡Ojo! (y nunca mejor dicho): un eclipse de Sol, sólo se puede mirar a simple vista durante los pocos minutos, a veces segundos, que dura la fase de totalidad. Durante el resto del eclipse es imprescindible protegerse la vista con filtros especiales. Los filtros del tejido *Milar* ofrecen suficiente seguridad.

¹² El grupo *Shelios*, coordinado por el Dr. *Miquel Serra Ricart*, administrador del Observatorio del Teide, es especialista en expediciones científicas y habitualmente invita a jóvenes de 1º de bachillerato, seleccionados a través del proyecto *La Ruta de las Estrellas*, a compartir sus experiencias y metodología científica.

Otro tipo de eclipse solar se da cuando la Luna está en el apogeo y la Tierra no está en el afelio. En este caso el Sol presenta un tamaño aparente mayor que la Luna y esta no cubre del todo la superficie solar, quedando en la fase central del eclipse un anillo alrededor de la Luna, tratándose de un eclipse anular.

Fue lo que ocurrió en el eclipse anular de Sol que pudo verse desde determinadas zonas de la Península Ibérica el día 3 de octubre de 2005. Este tipo de eclipses no son tan espectaculares como los eclipses totales al no poder apreciarse la cromosfera ni la corona solar.



Figura 14. Eclipse anular. Fotografía tomada durante una expedición de *Shelios*. El Sol y la Luna presentaron diámetros angulares de $32'$ y de $30'$, respectivamente.

2.6 Cálculo de la distancia de un planeta a la Tierra

Como el ángulo con que vemos el diámetro de un planeta es suficientemente pequeño, podremos emplear la expresión: arco = ángulo x radio, aunque el diámetro del planeta no sea un arco de circunferencia sino un trazo recto. En la expresión $S = \varphi R$; S es el diámetro del planeta expresado en kilómetros, φ es el diámetro aparente expresado en radianes y R la distancia en kilómetros de la Tierra al planeta. De forma que, conocido el diámetro real de un planeta y midiendo, a través de un telescopio, su diámetro aparente, podremos conocer la distancia a que se encuentra.

Por ejemplo, desde el observatorio del IES *San Hermenegildo* medimos el diámetro aparente de Júpiter, el día 16 de junio de 2007 (figura 15) y resultó ser de $46''$; esto es $2,23 \times 10^{-4}$ radianes. Dado que Júpiter tiene un diámetro de 143.000 km, sin más que aplicar la ecuación anterior resultó que estaba a 641,2 millones de kilómetros, o lo que es lo mismo, 4,3 unidades astronómicas¹³.

¹³ El concepto de ‘unidad astronómica’ fue introducido por Johannes Kepler como la distancia Tierra – Sol para calcular las distancias relativas de los planetas a partir de su tercera ley, ya que no era conocida la distancia de ningún planeta al Sol. La unidad astronómica sabemos que es 149.597.870 km.





Figura 15. Realizada a través de telescopio de 20 cm de diámetro (no profesional) al que se había acoplado una *web cam*.¹⁴

3. La amplitud angular de Marte provoca un error de gran repercusión en las redes sociales

El planeta Marte tiene un diámetro de 6.794 km. Se encuentra en oposición¹⁵ respecto a la Tierra cada 26 meses aproximadamente y como su órbita describe una elipse bastante más marcada que la del resto de los planetas, su distancia a la Tierra varía mucho de una oposición a otra. Así por ejemplo, en la oposición de abril de 1999 presentó una distancia a la Tierra de unos 87,5 millones de kilómetros y una amplitud angular de 16''; mientras que en la oposición del día 27 de agosto de 2003 se encontraba a sólo 58,4 millones de kilómetros presentando una amplitud angular de 24'' de arco.

¹⁴ Las fotografías de las figuras 15 y 16 fueron tomadas a través de una cámara tipo *web cam*, técnica que permite disminuir drásticamente el efecto negativo de las turbulencias atmosféricas. Se tomaron en cada caso 1.800 fotogramas durante 3 minutos, eligiéndose aquellas tomas en las que las turbulencias atmosféricas eran menores, "sumándolas" y desechando el resto de los fotogramas.

¹⁵ La oposición de un planeta exterior es una situación en la que el Sol y el planeta están en posiciones opuestas vistos desde la Tierra. Ocurre cada vez que la Tierra adelanta en su movimiento de traslación al planeta exterior, siendo por tanto la posición en la que el planeta se encuentra más próximo a la Tierra.

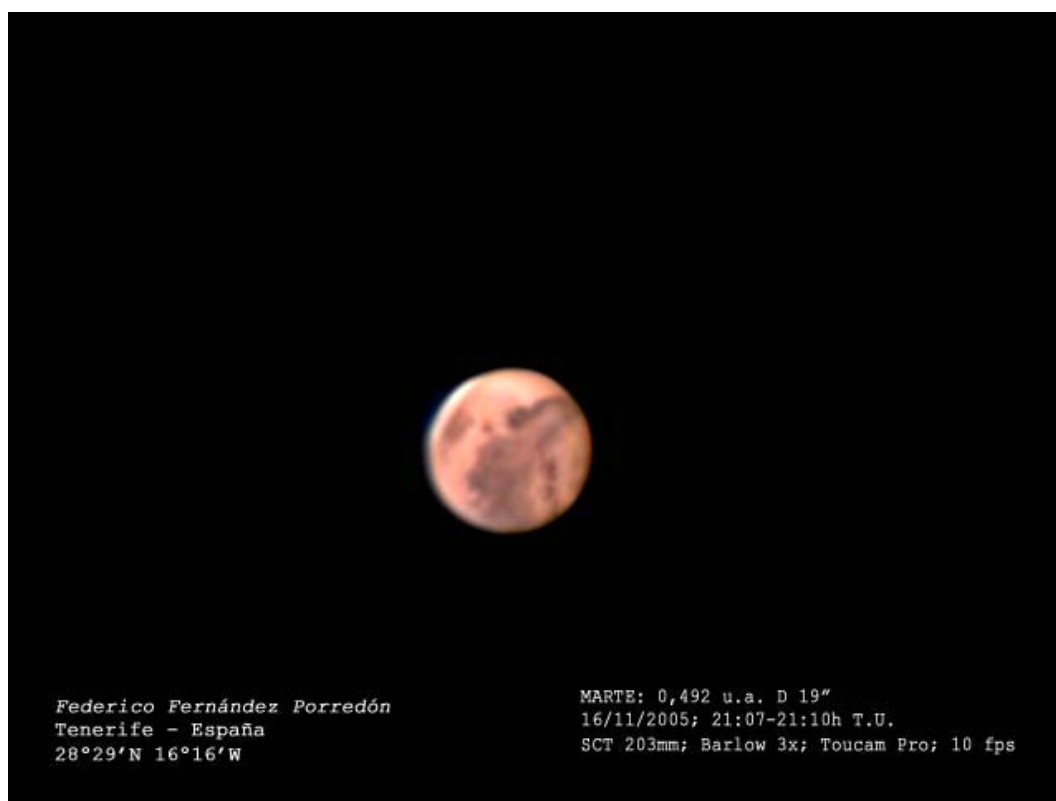


Figura 16. Marte a través de telescopio con *web cam* incorporada; se aprecian rasgos de su superficie rocosa y el hielo carbónico de uno de sus casquetes polares.

Si bien son pocas las ocasiones en se puede ver el planeta Marte tan próximo desde la Tierra, debemos hacer constar que la aproximación no es repentina, y que el planeta se estuvo viendo prácticamente igual durante un par de semanas. Pero posiblemente algunos medios de comunicación, que raramente se ocupan de las noticias científicas y que tan ávidos están de “serpientes de verano”, hicieron especial énfasis en el día y la hora en que se produciría tan *increíble* aproximación. El resultado fue un montón de gente desilusionada vagando por las cumbres de las islas la noche del 27 de agosto de 2003. Pero mucho más hilarante fue el hecho de que a partir de ahí, alguien interpretó que todos los años, el 27 de agosto se vería Marte del tamaño de la Luna¹⁶, o bien que ese día habría dos lunas, dedicándose a publicarlo en foros de discusión, blogs y correos electrónicos. La difusión e insistencia llegó a ser agobiante durante el verano de 2009: ¡una buena forma de celebrar el año internacional de la astronomía! Y lo peor es que fue mucha la gente que dio crédito a la noticia.

Si el bueno de Galileo levantara la cabeza...

Bibliografía

- Álvarez, C. (2007). Medir el tamaño de la Luna. *Nadir (Asociación para la Enseñanza de la Astronomía)*, 22, 28-29.
- Asimov, I. (1973). *El Universo*. Madrid: Alianza.
- Fernández, F. (1999). *Iniciación a la Astronomía*. Santa Cruz de Tenerife: Afortunadas
- Goldman, J. (2007). The World of Widgest. *Sky & Telescope*, 113 (6), 74.

¹⁶ Probablemente confundió los 24” de Marte con 24’ y pensó: “Pues casi tan grande como la Luna llena”.



Talle de matemáticas a la luz de las estrellas

F. Fernández Porredón

- Herrmann, J. (1987). *Estrellas. Guía de la Naturaleza*. Barcelona: Blume.
- Martínez, J. (1990). *Astrofotografía*. Barcelona: Omega.
- Rica, F. (1999). Midiendo Estrellas. *Tribuna de Astronomía*, 158, 56-57.
- Sarasola, J. (2005). Posibilidades didácticas de un eclipse de Sol. *Nadir (Asociación para la Enseñanza de la Astronomía)*, 18, 4-7.
- Troiani, D. (2003). Mars at Its All-Time Finest. *Sky & Telescope*, 105 (6), 93-100.

Federico Fernández Porredón. Lugar de trabajo: IES. San Hermenegildo. La Cuesta-La Laguna, Tenerife. Lugar de residencia: Bajamar, Tenerife. Catedrático de Física y Química en activo. En 1991 introduzco la asignatura Astronomía y Astrofísica en el IES. San Hermenegildo. Miembro de la sociedad de profesores ApEA (Asociación para la Enseñanza de la Astronomía). Presidente de ApEA desde el congreso de Granada (1999) hasta el de Tenerife (2007). Coordinador y autor del libro de texto para el segundo ciclo de ESO Iniciación a la Astronomía. En 2005 elaboro el CD-Rom El Cielo en el Aula, promovido por la Consejería de Educación y CajaCanarias del cual se editan 4.000 ejemplares. Responsable del área didáctica del grupo Shelios, participó desde 2004 en el proyecto La Ruta de las Estrellas.