



¿Qué vemos cuando vemos?

Respuestas sencillas para preguntas frecuentes sobre astronomía.

Raquel Márquez; Martín Chaktoura

Resumen

La Astronomía es una ciencia afín a la Matemática. De hecho, muchos profesores de Matemática somos también profesores de Astronomía. Más de una vez, en nuestro quehacer docente, nos encontramos con preguntas de los chicos referidas a cuestiones astronómicas. Algunas de las más célebres son: *¿Qué son las estrellas fugaces? ¿Cómo se forma el arco iris? ¿Por qué el cielo es azul?*

El objetivo de este artículo es acercar herramientas a los docentes para satisfacer éstas y otras inquietudes de sus alumnos, y a la vez incentivar el entusiasmo por esta ciencia.

Abstract

The Astronomy is a science akin to the Math. In fact, many teachers of Mathematics are also teachers of Astronomy. More than once, in our work as teachers, we are faced with questions of the kids dealing with astronomical issues. Some of the most famous are: *What are the shooting stars? How is a rainbow formed? Why is the sky blue?*

The objective of this paper is to bring tools to teachers to satisfy these and others concerns of their students, and at the same time encourage the enthusiasm for this science.

Resumo

A Astronomia é uma ciência afín à Matemática. De facto, muitos professores de Matemática somos também professores de Astronomia. Mais de uma vez, em nosso quehacer docente, encontramos-nos com perguntas dos garotos referidas a questões astronómicas. Algumas das mais célebres são: *¿Que são as estrelas fugaces? ¿Como se forma o arco íris? ¿Por que o céu é azul?*

O objectivo deste artigo é acercar ferramentas aos docentes para satisfazer estas e outras inquietudes de seus alunos, e ao mesmo tempo incentivar o entusiasmo por esta ciência.

1. Introducción

Hace dos años, las Naciones Unidas proclamaron al 2009 como el Año Internacional de la Astronomía. Esta iniciativa de la Unión Astronómica Internacional y de UNESCO tiene como motivo la conmemoración del aniversario número 400 de la presentación del telescopio ante el Senado de Venecia, por el científico italiano

Galileo Galilei. En Argentina, así como en varios países del mundo, se organizaron festejos y actividades especiales alusivas a esta área del conocimiento.

En este contexto, como *Organizadores, Expositores y Telescopistas* a cargo de la alfabetización astronómica de un poco más de tres mil personas durante el pasado mes de enero en la provincia de San Luis (Argentina)¹, hemos notado que la mayoría de la gente con la que tratamos, independientemente de sus antecedentes culturales y formación académica, coincidían en ciertas preguntas astronómicas, todas ellas de aparente simpleza, pero cuya respuesta distaba mucho de serlo.

Por tal motivo, nos ha parecido bien compartir con la comunidad docente algunas de las inquietudes que surgieron durante las mencionadas charlas de divulgación científica junto con algunas propuestas para responder a las mismas de forma sencilla, con el objeto de acercarlos más a esta ciencia.

2. Algunas de las preguntas frecuentes

Como mencionamos anteriormente, en las charlas de divulgación científica surgieron toda clase de inquietudes, que se traducen en preguntas del tipo: ¿Por qué el cielo es azul? ¿Qué son las estrellas fugaces? ¿Cómo se forma el arco iris? ¿Sale siempre el sol por el Este? ¿Qué mide el año luz? ¿Son infinitas las estrellas? ¿De qué color son las estrellas? ¿Cómo se forman las estaciones? ¿Por qué la Luna no se cae? ¿El Sol es la más grande de las estrellas? ¿Por qué se forman las estaciones? ¿Hace más frío cuando nos alejamos del Sol? ¿Por qué se producen las fases de la Luna? ¿Son cuatro? ¿Por qué se producen los eclipses? ¿Por qué no hay todos los años? ¿Por qué la Luna se ve más grande y amarilla cuando está más cerca del horizonte? ¿Es porque está más cerca? ¿Qué son los signos del zodiaco? ¿Por qué son 12? ¿Son 12? Si los chinos están abajo nuestro, ¿Por qué no se caen? ¿Por qué a veces se ve la Luna de día? ¿Qué es el Lucero de la Mañana? ¿Es una estrella? ¿Todo lo que brilla en el cielo son estrellas? ¿El Sol es de fuego? ¿Qué se está quemando? ¿Se va a apagar el Sol? ¿Qué es el cielo? ¿Se puede tocar?

El 27 de agosto, ¿Marte se va a ver tan grande como la Luna? ¿Por qué el agua gira en distinto sentido en el hemisferio norte?

A continuación desarrollaremos tres de esas preguntas frecuentes².

➤ ¿Qué son las estrellas fugaces?

Durante siglos fueron objeto de admiración; sinónimos de buen augurio. Aunque se desvanecen en solo unos segundos, no es raro escuchar a alguien pedirle que le cumpla tres deseos. Nos referimos a esos intensos puntos luminosos que algunas noches vemos cruzar rápidamente una parte del cielo. Debido a su

¹ En el Proyecto Provincial "San Luis Coelum", llevado adelante mediante la Universidad de La Punta, en el marco de las acciones que realiza el gobierno de esa provincia Argentina como aporte a los festejos por el "Año Internacional de la Astronomía", en el que estuvimos a cargo de la alfabetización astronómica de los residentes y turistas de las ciudades de Juana Koslay, El Trapiche y Villa Mercedes.

² Las siguientes preguntas son una selección de las que presentamos en el Panel "¿Qué vemos cuando vemos? Respuestas sencillas para preguntas frecuentes sobre astronomía", durante la VIII Conferencia Argentina de Educación Matemática (CAREM) organizada por la Sociedad Argentina de Educación Matemática (SOAREM) desarrollada en Buenos Aires del 8 al 10 de octubre de 2009.

pequeño tamaño e intenso brillo no es extraño que se piense que son estrellas cayendo a la tierra, por lo que se los suele llamar “estrellas fugaces”.



Fig. 1 Imagen artística de una estrella fugaz



Fig. 2 Ejemplo de un bólido

Pero lejos de ser estrellas, son en realidad *meteoros extraterrestres*, es decir, pequeños trozos de roca, algunos tan pequeños como granos de arena, que están diseminados por el espacio moviéndose a gran velocidad. Cuando esas partículas de polvo entran en nuestra atmósfera terrestre, el roce con el aire hace que se quemen rápidamente emitiendo luz y provocando ese efímero y a la vez hermoso trazo brillante característico.

Hay épocas en el año en que el número de estrellas fugaces que podemos ver es mucho mayor. Este fenómeno se conoce como *lluvia de estrellas fugaces* o *lluvia de meteoros* y ocurre cuando la Tierra atraviesa la que fuera la órbita de algún cometa.

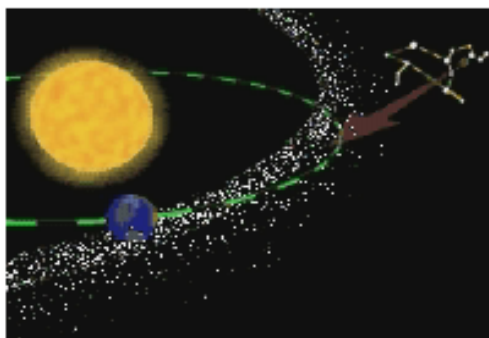


Fig. 3 Las Leónidas deben su nombre a que el punto radiante pertenece a la constelación de Leo.



Fig. 4 Esta imagen de las Leónidas es una composición digital de 22 fotogramas diferentes, tomadas en 2001 en Australia. El punto radiante se observa en la parte inferior derecha de la imagen

Dado que los restos de las partículas cometarias que los forman permanecen en el espacio después que éstos han pasado, cada vez que el planeta cruza o se acerca a dichas franjas, se produce una lluvia de meteoros. Desde la superficie terrestre se observan lluvias e incluso, en ocasiones especiales, tormentas de más de miles por hora³.

³ Los cometas están compuestos de hielo y polvo. Cada vez que un cometa se acerca al sol, el hielo se sublima y libera las partículas, quedando éstas en la órbita del cometa.

Si prestamos atención una de esas noches, los meteoros parecerán proceder de un mismo punto del cielo, llamado radiante, aunque eso se debe a un efecto de perspectiva; por esa razón, se bautiza a la lluvia de meteoros con el nombre de la constelación en la que se ubica su radiante.

Así, en agosto vemos que las Perseidas parecen surgir de Perseo y en noviembre las Leónidas, de la constelación de Leo.

Casi todas las partículas se destruyen al atravesar la atmósfera. Algunos de estos meteoros son tan brillantes que pueden verse incluso de día. En ese caso reciben el nombre de *bólidos*. Y los meteoros que fueron tan grandes que no llegaron a desintegrarse en la atmósfera, sino que alcanzan la superficie terrestre, reciben el nombre de *meteoritos*.

➤ ¿Cómo se forma el arco iris?

Es uno de los fenómenos atmosféricos más conocidos. Solo basta con que se den las condiciones necesarias para poder observar ese espectáculo. ¿Cuáles son esas condiciones?

En principio, para responder esa pregunta, debemos establecer algunas nociones previas que tienen que ver con la naturaleza de la luz y un fenómeno físico llamado refracción.

Si desplegamos los colores de la luz blanca que nos llega del Sol, aparece un continuo de diferentes longitudes de onda que van desde el rojo hasta el violeta, dependiendo de la frecuencia de cada uno.



Fig. 5 Arco iris.



Fig. 6 Esquema de la refracción de la luz.

Se sabe que si se hace incidir un rayo de luz blanca a través de un prisma, éste se refracta y emerge desplegando todos los colores que la componen. Si prestamos atención a la disposición de los rayos emergentes notaremos que la dirección de cada uno de éstos cambia respecto de la dirección de su correspondiente en el rayo incidente.

Comparando las direcciones de cada rayo, con respecto a la dirección de la luz blanca incidente, notaremos que el rayo que más ha cambiado de dirección al refractarse, es el violeta. Asimismo, la mínima refracción se observa en los rayos rojos.

Comprender el fenómeno de la refracción de la luz nos ayudará a comprender por qué se forma el arco iris y cuáles son las condiciones necesarias para su formación.

Para que exista un arco iris tiene que haber gotas de agua suspendidas en la atmósfera, ya sea debido a una lluvia, a unas cataratas o a la rociadura de una manguera de jardín. Sólo bastará ubicarse de modo tal que el Sol quede a nuestra espalda pero ilumine las innumerables gotas de agua, que actúan como diminutos prismas y espejos.

Cuando un rayo de luz entra en cada gota, se refracta y se descompone en todos los colores del espectro; luego se refleja en la superficie interior de la gota y vuelve a refractarse al salir de la gota al exterior, llegando hasta nuestros ojos. La gota actúa como lo haría un prisma: la primera refracción separa los colores que contiene el rayo de luz y la segunda refracción incrementa aún más esta separación.

Como la luz de cada color se refracta según un ángulo ligeramente distinto, vemos bandas bien definidas: rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul y violeta, siendo ese el orden en el arco iris principal, si contamos desde el exterior al interior. De este modo, la luz nos llega siguiendo los ángulos de refracción desde innumerables gotas esparcidas por el cielo, y como consecuencia vemos el arco iris como una curva continua, que forma un arco de círculo, con su parte inferior cortada por el horizonte. El centro del arco iris se encuentra justo en un punto opuesto al sol, frente al observador y por debajo.

En realidad el número de reflexiones internas puede ser mayor de dos (dependiendo de por donde entra la luz en la gota) y puede dar lugar a la aparición de dos arcos iris: el primario más fuerte e interior y el secundario más débil y exterior.

La luz que forma el arco iris secundario sufre dos reflexiones, lo que le da mayor ángulo, le resta luminosidad, e invierte el orden de los colores. Como la luz refractada se concentra en estos dos arcos, el espacio entre ellos parece más oscuro que fuera de ellos; a este espacio se le conoce como "**banda de Alexander**".

Bajo ciertas circunstancias, se puede ver desde un avión a gran altura, alguna torre o desde la cumbre de una montaña un arco iris como un círculo completo.

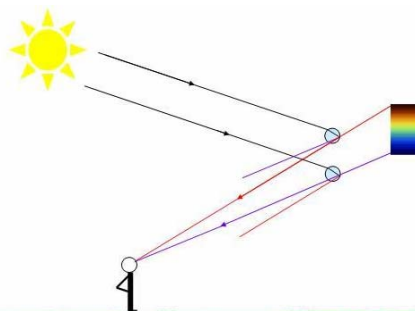


Fig. 7 Esquema para la formación de un arco iris.

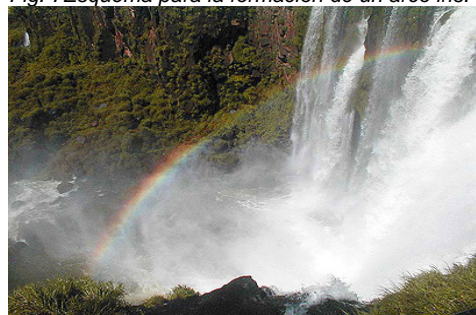


Fig. 8 Arco iris simple.

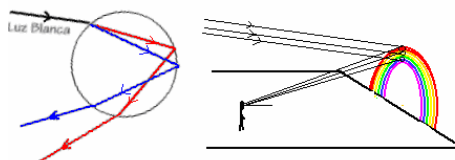


Fig. 9 Esquema para la formación del arco iris primario.



Fig. 10 Arco iris doble.

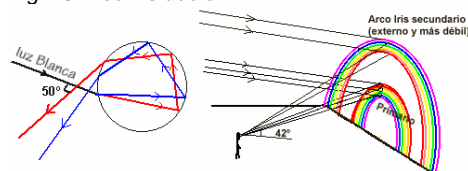


Fig. 11 Esquema para la formación del arco iris secundario.



Fig. 12 Ejemplos de arco iris circulares completos

➤ ¿Por qué el cielo es azul?

¿Por qué es azul el cielo diurno? Parece ser una pregunta simple, pero en realidad, la respuesta implica aspectos profundos que deben ser tenidos en cuenta, dado que el color del cielo se debe a tres factores: a la *composición de la luz*, a la *atmósfera* y a nuestra *fisiología*.

Entonces, para entender por qué el cielo es azul durante el día, primero debemos saber qué es la luz.

Como todos sabemos, la luz natural en la Tierra proviene de la estrella más cercana a nosotros, el Sol. La luz solar viaja a 300000 km/s en el espacio interplanetario, por lo que tarda aproximadamente 8 minutos y 20 segundos en llegar a nuestro planeta, donde además debe interactuar con la atmósfera terrestre antes de llegar hasta nuestros ojos.



Fig. 13 Cielo azul celeste.

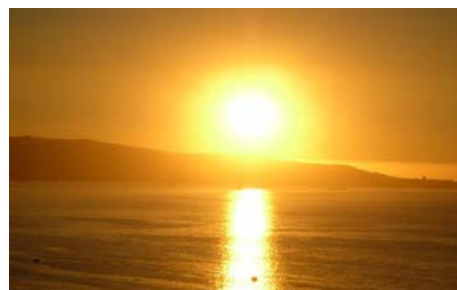


Fig. 14 Imagen del Sol, la estrella más cercana a la Tierra, tal como se observa desde la superficie terrestre.

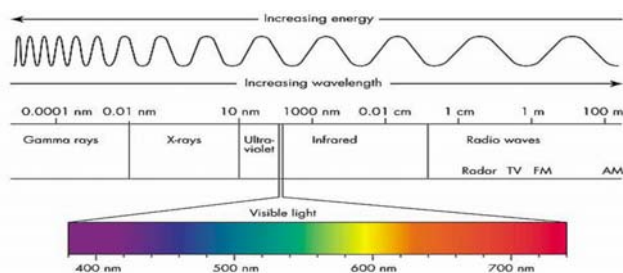


Fig. 15 Esquema del espectro electromagnético.

La luz blanca que vemos es solo una parte de la radiación llamada "espectro electromagnético", que consiste en todas las diferentes longitudes de onda, que incluye la luz visible, las ondas de radio, los rayos X., etc. La única región del espectro electromagnético a la que nuestros ojos son sensibles es a la luz visible.

Si usamos un prisma podemos descomponer la luz visible en un continuo de colores del arco iris. En un extremo del espectro visible se encuentra el rojo, cuya longitud de onda es la más larga y, por ello, su frecuencia la más baja y en el otro extremo el violeta, cuya longitud de onda es la más corta y, por ello, su frecuencia la más alta.

Ya hemos mencionado que la luz del sol tiene que atravesar la atmósfera para llegar a nosotros, pero ocurre que las minúsculas partículas de polvo y de agua en suspensión que se encuentran en ella, son más pequeñas que las longitudes de ondas de la luz visible, y puesto que no tienen tamaño suficiente para repeler la onda, solamente la desvían ligeramente de su camino original.

Una vez desviados, los rayos azules y violetas interactúan con otras partículas y son desviados nuevamente. Así una y otra y otra vez. Esto se conoce como *dispersión*.

Puesto que las longitudes de onda del extremo azul del espectro, son más cortas, son dispersadas en mayor medida que las del resto de colores, lo que confiere una coloración azul-violácea a nuestro cielo.

Ahora bien, si la longitud de onda del violeta es menor que el azul, y por tanto, es la que más se dispersa, ¿por qué no vemos el cielo violeta?

Aquí es donde entra en juego los órganos de la visión. Ocurre que nuestro cerebro interpreta la frecuencia de las ondas según la información recibida a través de los ojos y de su particular fisiología.

Nuestros ojos poseen unos conos sensibles a solo tres colores: rojo, verde y azul. El resto de colores excita varios tipos de conos a la vez, es decir, podemos obtener el resto de colores a partir de la combinación de esos tres. Aún cuando a la luz violeta le corresponde una longitud de onda más corta que a la luz azul, los ojos del ser humano son más sensibles al color azul que al violeta. Por esa razón y debido al propio efecto de dispersión tenemos la impresión que el color azul del cielo llega hasta nuestros ojos desde todos los puntos y no desde un punto fijo, tal como ocurre cuando observamos el Sol.

Sin embargo, ¿quién no ha disfrutado en una puesta de Sol, ver el disco rojo ocultándose en el horizonte? ¿Por qué se ve el Sol rojo? ¿Qué sucede al amanecer y al atardecer?

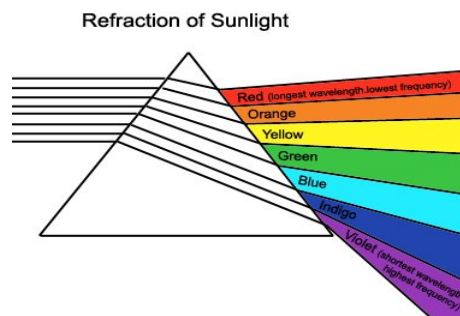


Fig. 16 Esquema de la refracción de la luz.

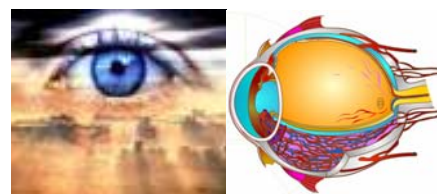


Fig. 17 Representación y esquema del ojo.



Fig. 18 Cielo azulado.

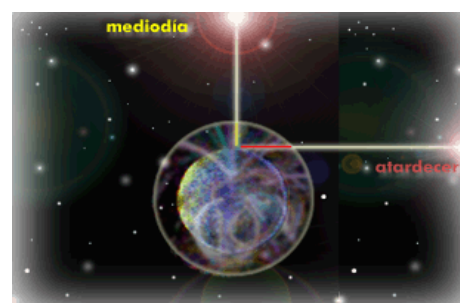


Fig. 19 Esquema de la incidencia de los rayos solares durante los crepúsculos.

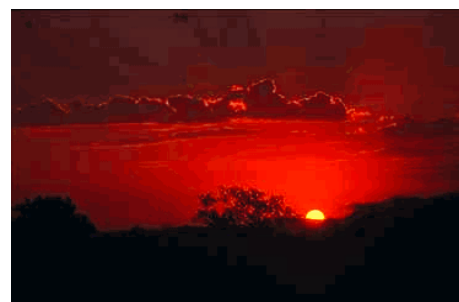


Fig. 20 Cielo rojizo del crepúsculo.

Cerca del horizonte, la luz tiene que recorrer mayor distancia y atravesar una parte más densa de la atmósfera, donde hay más partículas de polvo.

Se produce el mismo efecto de dispersión sobre la luz azul, pero la luz azul es incapaz de pasar por la distancia extra y alcanzar nuestros ojos. Solo la luz roja pasa, sin obstáculos por la atmósfera, y llega hasta nuestros ojos en una línea directa, con escasa o nula dispersión. Debido a esto en el amanecer y en el atardecer el cielo se ve rojizo.

3. Reflexiones Finales

La dinámica de trabajar desde las preguntas que plantean los chicos no es casual, sino decididamente intencional. Esto nos garantiza, de alguna manera, *estar en sintonía con sus intereses* y nos da la posibilidad de partir de ellos para incentivar la curiosidad y el entusiasmo por la matemática y la ciencia en general.

Por eso, nos hemos propuesto acercar herramientas a los docentes de escuela media para que puedan aprovechar de manera positiva las inquietudes naturales de sus alumnos por el universo que los envuelve y, por qué no, despertar alguna vocación científica.

Créditos

Fig. 3) Imagen tomada de una animación de Science@NASA

<http://www.cientec.or.cr/astrologia/leonidas.html>)

Fig. 4) Composición digital de las Leónidas.

<http://www.astromia.com/fotostierra/leonidas.htm>

Fig. 7, 15 y 16) Esquemas de la formación de un arco iris, el espectro electromagnético y la refracción de la luz.

<http://www.myuniversalfacts.com/2006/04/how-rainbows-are-formed-what-causes.html>

Fig. 9 y 11) Esquemas de la formación de los arco iris primario y secundario.

<http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicaInteractiva/color/arcoriris/Arcoriris.htm>

Bibliografía

Feinstein, A; Tignanelli, H. (2005) *Objetivo Universo: Astronomía curso completo de actualización*. Editorial Colihue, Buenos Aires. Argentina.

Hewitt, P. (2008) *Física Conceptual*. Editorial Pearson. México.

Perelman, Y. *Astronomía Recreativa*. Recuperado el 20 de junio de 2009 de <http://www.librosmaravillosos.com>.

Raquel Márquez. Profesora en Matemática y Astronomía, ISP " Dr. Joaquín V. González". Actualmente se desempeña como Profesora de Matemática y Físico-Química en escuelas medias y técnicas de la Provincia de Buenos Aires, al tiempo que concluye el Curso de Especialización para Profesores en Astronomía en el ISP "Dr. Joaquín V. González". Presentó un panel en la Conferencia Argentina de Educación Matemática, Buenos Aires este año y ha participado en numerosas campañas de alfabetización astronómicas, destinadas a docentes, estudiantes de profesorado y el público en general. Entre ellas la "Campaña porteña por la recuperación de la latitud. La ciudad da vuelta el mundo", por el Ministerio de Educación de la Ciudad de Buenos Aires, y el proyecto provincial San Luis Coelum, a cargo de la Universidad de la Punta. e-mail: raquel_marquez1@yahoo.com

Martín Chaktoura. Profesor en Matemática y Astronomía egresado del Instituto Superior del Profesorado "Joaquín V. González". Actualmente se desempeña como Profesor de Matemática en el Colegio Northlands, en sus sedes de Olivos y Nordelta, al tiempo que concluye sus estudios de grado en matemáticas. Es tres veces ganador del Certamen Nacional Número de Oro, organizado por la Olimpiada Matemática Argentina. Interesado en la difusión de la Astronomía, presentó un panel en la Conferencia Argentina de Educación Matemática (2009) y trabajó en calidad de docente invitado como expositor y telescopista en el proyecto San Luis Coelum. e-mail: martin_chaktoura@yahoo.com.ar