

# Material Complementario

## MIROscopio II

### Capítulo 5

#### Dispersión de la luz (arcoíris, prisma)

<b>Clase 1</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Observar el capítulo 5 de la serie.</li><li>• Análisis de una lectura sobre la dispersión de la luz y la formación de un arcoíris.</li></ul>	<b>Tiempo estimado:</b> 1 horas pedagógica (45 minutos)
<b>Clase 2</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• ¿Cómo construir tu propio arcoíris?</li></ul>	<b>Tiempo estimado:</b> 1 hora pedagógica (45 minutos)
<b>Clase 3</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Investigación en base a las preguntas<ol style="list-style-type: none"><li>a. ¿Por qué el cielo es azul?</li><li>b. ¿Por qué el cielo en los atardeceres se ve rojo o anaranjado?</li></ol></li></ul>	<b>Tiempo estimado:</b> 1 hora pedagógica (45 minutos)

Algunos videos que te pueden inspirar y utilizar en tus clases:

1. Dispersión de la luz

<https://www.youtube.com/watch?v=ASEdGwpyn58>

2. ¿Por qué el cielo es azul?

<https://www.youtube.com/watch?v=pO7yXuk-Dgs>

3. ¿Por qué centellean las estrellas?, refracción atmosférica

<https://www.youtube.com/watch?v=dwSL1M74R-g>

## PROPUESTA CLASE 1

Observar el capítulo 5 de la serie y solicitar a los y las estudiantes qué cosas le llamaron la atención de este, qué preguntas o dudas le surgen después de ver el video.

### Análisis de una lectura

Se le entrega a cada estudiante la lectura en donde se explica la dispersión y el arcoíris, y se plantea la siguiente pregunta:

*¿Cómo se relaciona la dispersión de la luz con la formación del arcoíris?*

Lo ideal es que cada estudiante lea el extracto N°1 y responda la pregunta, para luego discutirla con dos o tres estudiantes más, y complementar su respuesta.

### Extracto del libro Física Conceptual de Paul Hewitt (2007)

#### Extracto N°1 (Páginas desde la 540 a la 543)

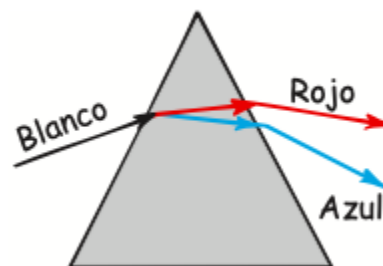
#### Dispersión

Sabemos que la rapidez promedio de la luz es menor que la velocidad de la luz en el vacío,  $c$ , en un medio transparente; la disminución depende de la naturaleza del medio y de la frecuencia de la luz. La rapidez de la luz en un medio transparente depende de su frecuencia. Recuerda que en el capítulo 26 explicamos que se absorbe la luz, cuya frecuencia coincide con la frecuencia natural o de resonancia de los osciladores electrónicos en los átomos y las moléculas del medio transparente, y que la luz de frecuencia cercana a la de resonancia interacciona más seguido con la secuencia de absorción y reemisión y, por lo tanto, se propaga más despacio. Como la frecuencia natural, o de resonancia, de la mayoría de los materiales transparentes está en la región ultravioleta del espectro, la luz de mayor frecuencia se propaga con más lentitud que la de menor frecuencia. La luz violeta se propaga aproximadamente 1% más lentamente en el vidrio que la luz roja. Las ondas luminosas correspondientes a colores intermedios entre el rojo y el violeta se propagan con sus propias rapidezces intermedias.

Como las distintas frecuencias de la luz se propagan a rapidezces distintas en materiales transparentes, se refractan de forma distinta. Cuando la luz blanca se refracta dos veces, como en un prisma, se nota bien la separación de los distintos colores que la forman. A esta separación de la luz en colores ordenados por su frecuencia se le llama dispersión (figura 28.29). Es lo que permitió a Isaac Newton formar un espectro cuando sostenía un prisma en la luz solar.

#### FIGURA 28.29

La dispersión mediante un prisma hace visible los componentes de la luz blanca.

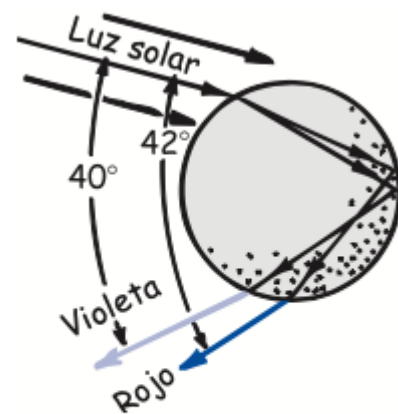


## Arcoíris

Un ejemplo muy espectacular de la dispersión son los arcoíris. Para ver un arcoíris, el Sol debe estar iluminando una parte del cielo, y que haya gotas de agua en una nube o que caigan en forma de lluvia, en la parte contraria del cielo. Cuando damos la espalda al Sol, vemos el espectro de colores, que forma un arco. Desde un avión, cerca del mediodía, el arco forma un círculo completo. Todos los arcoíris serían totalmente circulares, si no se interpusiera el suelo.

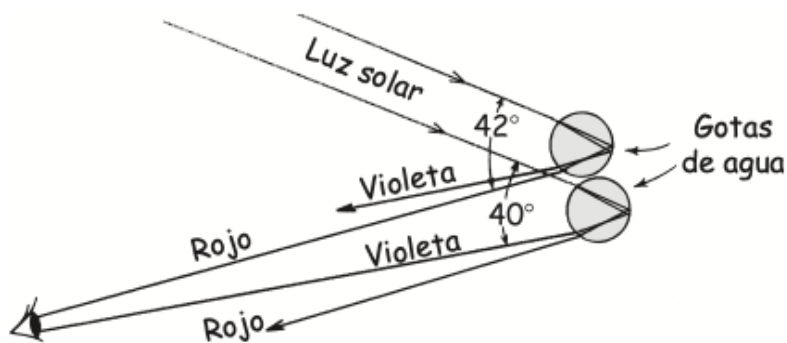
Los bellos colores de los arcoíris se forman por la dispersión de la luz solar en millones de gotitas esféricas de agua, que funcionan como prismas. Lo entenderemos mejor si examinamos una sola gota de lluvia, como se ve en la figura 28.30. Sigue el rayo de luz solar que entra a la gota cerca de la superficie superior. Algo de la luz se refleja allí (no se indica) y el resto penetra al agua donde se refracta. En esta primera refracción, la luz se dispersa y forma un espectro de colores; el violeta se desvía más y el rojo menos. Al llegar al lado contrario de la gota, cada color se refracta en parte y sale al aire (no se indica) y parte se refleja al agua. Al llegar a la superficie inferior de la gota, cada color se refleja de nuevo (no se indica) y se refracta también al aire. Esta segunda refracción se parece a la de un prisma, donde la refracción en la segunda superficie aumenta la dispersión que ya se produjo en la primera superficie.

En realidad, se producen dos refracciones y una reflexión cuando el ángulo entre el rayo que llega y el rayo que sale tiene cualquier valor entre  $0^\circ$  y  $42^\circ$  (el de  $0^\circ$  corresponde a una inversión completa, de  $180^\circ$ , de la luz). Sin embargo, la intensidad de la luz se concentra mucho cerca del ángulo máximo de  $42^\circ$ , que es lo que se muestra en la figura 28.30.



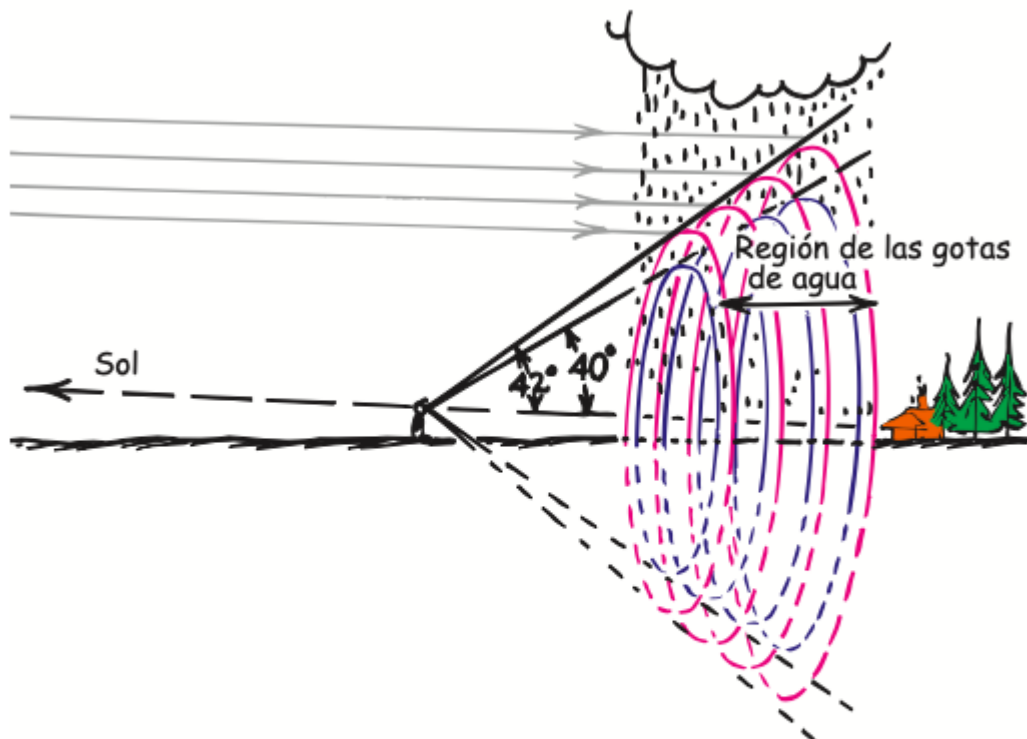
**FIGURA 28.30**  
Dispersión de la luz solar por una sola gota de lluvia.

Aunque cada gota dispersa todo el espectro de colores, un observador sólo puede ver la luz concentrada de un solo color de cualquier gota (figura 28.31). Si la luz violeta de una sola gota llega al ojo de un observador, la luz roja de la misma le llega más bajo, hacia los pies. Para ver la luz roja se deben buscar las gotas más arriba en el cielo. El color rojo se verá cuando el ángulo entre un rayo de luz solar y la luz que regresa de una gota es de  $42^\circ$ . El color violeta se observa cuando el ángulo entre los rayos de luz y la luz que regresa es de  $40^\circ$ .



**FIGURA 28.31**  
La luz solar que incide en dos gotas de lluvia, tal como se ve, emerge de ellas en forma de luz dispersada. El observador ve la luz roja de la gota de arriba y la luz violeta de la gota de abajo. Son millones de gotas las que producen todo el espectro de la luz blanca.

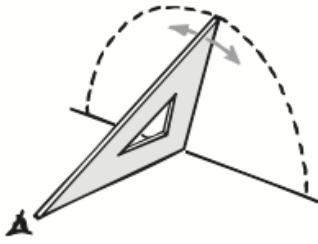
¿Por qué la luz que dispersan las gotas de lluvia forma un arco? La respuesta implica un poco de razonamiento geométrico. En primer lugar, un arcoíris no es el arco bidimensional y plano que parece. Se ve plano por la misma razón que una explosión de fuegos artificiales en el cielo se ve como un disco: porque no tenemos indicadores de la distancia. El arcoíris que ves en realidad es un cono tridimensional, con la punta (el vértice) en los ojos (figura 28.32). Imagina un cono de vidrio, como los conos de papel con los que a veces tomas agua. Si sujetas ese cono con la punta hacia el ojo, ¿qué verías? Podrías ver que el vaso es un círculo.



**FIGURA 28.32**

Cuando el ojo está entre el Sol (no se ve; está fuera hacia la izquierda) y una región con gotas de agua, el arcoíris que ves es el borde de un cono tridimensional que se extiende por la región de las gotas de agua. (Innumerables capas de gotas de agua forman innumerables arcos bidimensionales, como los cuatro que se indican aquí.)

Es igual con un arcoíris. Todas las gotas que dispersan la luz hacia ti están en una forma: un cono de distintas capas con gotas que dispersan el rojo hacia tu ojo en el lado externo, el naranja debajo del rojo, el amarillo debajo del naranja, y así todos los colores hasta el violeta en la superficie cónica interna.



**FIGURA 28.33**

Sólo las gotas de agua que están en la línea punteada dispersan la luz roja hacia el observador formando un ángulo de  $42^\circ$ ; en consecuencia, la luz forma un arco.

Cuanto más gruesa sea la región de las gotas de agua, la capa cónica a través de la cual ves será más gruesa, y el arcoíris será más luminoso. Para verlo con más detalle, sólo examina la desviación de la luz roja. Ves el rojo cuando el ángulo que forman los rayos incidentes de la luz solar y los rayos dispersados forman un ángulo de  $42^\circ$ . Naturalmente, los rayos se dispersan  $42^\circ$  en las gotas que hay en todo el cielo y en todas direcciones: hacia arriba, hacia abajo y hacia los lados. Sin embargo, la única luz roja que tú ves es la de las gotas que están en un cono con un ángulo de  $42^\circ$  entre el eje y el lado. El ojo está en el vértice de ese cono, como se ve en la figura 28.33. Para ver el violeta, diriges tu vista a  $40^\circ$  del eje del cono (de manera que el espesor del cono en el párrafo anterior es variable: muy delgado en la punta y más grueso al aumentar la distancia desde la punta).

Tu cono de visión que interseca la nube de gotas y crea tu arcoíris es distinto del de una persona junto a ti. Así, cuando un amigo dice: “¡Mira qué bello arcoíris!”, puedes contestarle: “Bueno, hazte a un lado para que pueda verlo también.” Cada uno ve su propio y personal arcoíris.

Algo más sobre los arcoíris: un arcoíris te da la cara de una sola vez, por la falta de indicadores de distancia que mencionamos antes. Cuando te mueves, el arcoíris se mueve contigo. De este modo, nunca podrás acercarte al lado de un arcoíris, ni verlo de cerca, como en el esquema exagerado de la figura 28.32. No puedes llegar a su extremo. De ahí la expresión “busca la olla de oro en el extremo del arcoíris”, que significa perseguir algo que nunca se podrá alcanzar.

A menudo se observa un arcoíris más grande, secundario, que envuelve al arco primario. No lo describiremos aquí, excepto para indicar que se forma en circunstancias similares, y que es el resultado de doble refracción dentro de las gotas de lluvia (figura 28.34). Por esta reflexión adicional (y la pérdida de refracción adicional), el arco secundario es mucho más tenue, y sus colores están invertidos.



**FIGURA 28.34**

Dos refracciones y una reflexión en las gotitas de agua producen luz en todos los ángulos, hasta unos  $42^\circ$ , con la intensidad concentrada donde vemos el arcoíris entre  $40^\circ$  y  $42^\circ$ . No sale luz de una gotita de agua en ángulos mayores que  $42^\circ$ , a menos que sufra dos o más reflexiones dentro de la gota. Entonces, el cielo brilla más dentro del arcoíris que fuera de él. Observa el tenue arcoíris secundario a la derecha del primario.

## **PROPUESTA CLASE 2**

### **Construye tu propio arcoíris**

Se sugiere que los y las estudiantes realicen una investigación en sus casas, con la finalidad de construir su propio arcoíris.

Cuando ellos seleccionan cómo construir su propio arcoíris en parejas o tríos, deben traer los materiales necesarios para esta clase, y mostrar a sus compañeros su propio arcoíris.

Algunos videos que se pueden sugerir a los y las estudiantes:

- <https://www.youtube.com/watch?v=dIdE-pqYqbs>
- [https://www.youtube.com/watch?v=sp81xT7\\_bQY](https://www.youtube.com/watch?v=sp81xT7_bQY)
- <https://www.youtube.com/watch?v=1tVLE-omi7A>
- <https://www.youtube.com/watch?v=DwHlbtHXfQE>
- <https://www.youtube.com/watch?v=b2Mqf2Oier0>
- <https://www.youtube.com/watch?v=Gm8wYei67wA>

Los materiales básicos para la construcción de un arcoíris son:

1. Agua
2. Recipiente
3. Espejo
4. Luz natural (en el patio) o artificial (linterna de luz blanca)
5. Una pantalla o trozo de papel blanco o pared

## PROPUESTA CLASE 3

### Análisis de una lectura

Se le entrega a cada estudiante la lectura en donde se explican diversas cosas relacionadas con la dispersión de la luz, y se plantean las siguientes preguntas:

1. *¿Por qué el cielo es azul?*
2. *¿Por qué el cielo en los atardeceres se ve rojo o anaranjado?*

Lo ideal es que cada estudiante lea el extracto N°2 y responda la pregunta, para luego discutirla con dos o tres estudiantes más, y complementar su respuesta.

### Extracto del libro Física Conceptual de Paul Hewitt (2007)

#### Extracto N°2 (Páginas desde la 521 a la 526)

#### Por qué el cielo es azul

No todos los colores son el resultado de la adición o sustracción de luces. Algunos colores como el azul del cielo son el resultado de dispersiones selectivas. Imagina el caso similar del sonido: Si un haz de determinada frecuencia acústica se dirige hacia un diapasón de frecuencia similar, el diapasón se pone a vibrar, y cambia la dirección del haz en múltiples direcciones. El diapasón dispersa el sonido. Ocurre un proceso similar con la dispersión de la luz en átomos y partículas muy alejadas entre sí, como en la atmósfera.



**FIGURA 27.2**

Los electrones externos de un átomo vibran y resuenan igual que lo harían pesos unidos a resortes. En consecuencia, los átomos y las moléculas se comportan como si fueran diapasones ópticos.

Recuerda la figura 27.2, donde vimos que los átomos se comportan en forma muy parecida a diapasones diminutos, y reemiten las ondas luminosas que les llegan. Las moléculas y los grupos de átomos más numerosos hacen lo mismo. Cuanto más diminuta sea la partícula, emitirá mayor cantidad de luz de mayor frecuencia. Se parece a la forma en que las campanas pequeñas suenan con notas más agudas que las campanas grandes. Las moléculas de nitrógeno y oxígeno que forman la mayoría de la atmósfera funcionan como diminutas campanas que “suenan” con frecuencias altas cuando las energiza la luz solar. Al igual que el sonido de las campanas, la luz reemitida sale en todas direcciones. Cuando la luz se reemite en todas direcciones se dice que se dispersa.

De las frecuencias visibles de la luz solar, el nitrógeno y el oxígeno de la atmósfera dispersan principalmente el violeta, seguido del azul, el verde, el amarillo, el naranja y el rojo, en ese orden. El rojo se dispersa la décima parte del violeta. Aunque la luz violeta se dispersa más que la azul, los ojos no son muy sensibles a la luz violeta. En consecuencia, lo que predomina en nuestra visión es la luz azul dispersada y vemos un cielo azul.

El azul celeste varía en los distintos lugares y bajo distintas condiciones. Un factor principal es el contenido de vapor de agua en la atmósfera. En los días claros y



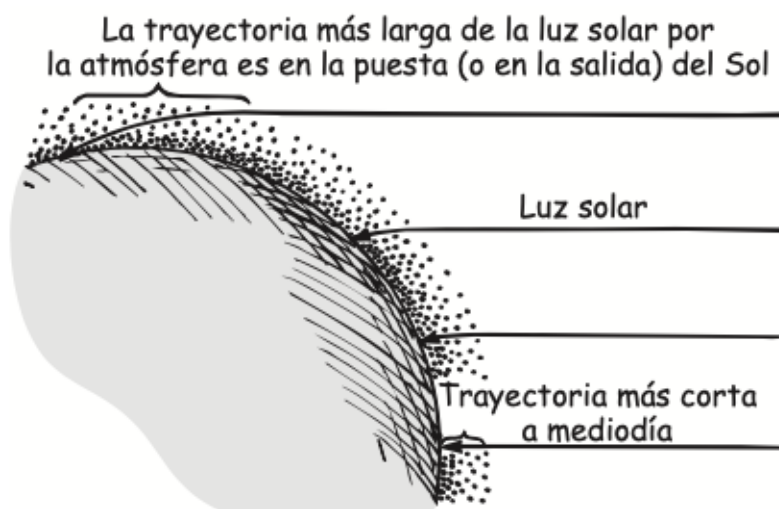
secos, el azul del cielo es mucho más profundo que en los días claros con mucha humedad. En países donde la atmósfera superior es excepcionalmente seca, como en Italia y en Grecia, los cielos son de un bello azul que ha inspirado a los pintores durante siglos. Cuando la atmósfera contiene grandes cantidades de partículas de polvo o de otros materiales, mayores que las moléculas de oxígeno y de nitrógeno, también dispersa fuertemente la luz de las frecuencias menores.

Esto hace que el cielo sea menos azul, y tenga una apariencia blanquecina. Después de una fuerte lluvia, cuando se han lavado las partículas, el cielo se vuelve de un azul más profundo.

La neblina grisácea del cielo sobre las grandes ciudades se debe a las partículas emitidas por los motores de los automóviles y camiones, así como por las fábricas. Aún en marcha mínima, un motor normal de automóvil emite más de 100 mil millones de partículas por segundo. La mayoría son invisibles, pero funcionan como centros diminutos en los cuales se adhieren otras partículas. Son los principales dispersores de la luz de menor frecuencia. Las partículas más grandes entre las anteriores más bien absorben, y no reemiten la luz, y se produce una neblina café.

### Por qué los crepúsculos son rojos

La luz que no se dispersa es la luz que se transmite. Como la luz roja, anaranjada y amarilla es la que menos se dispersa en la atmósfera, la luz de tal baja frecuencia se transmite mejor por el aire. El rojo, que se dispersa menos y en consecuencia se transmite más, pasa por más atmósfera que cualquier otro color. Así, cuanto más gruesa sea la atmósfera atravesada por un rayo de luz solar, da más tiempo a que se dispersen todos los componentes de mayor frecuencia de la luz. Eso quiere decir que la luz que mejor la atraviesa es la roja. Como se observa en la figura 27.18, la luz solar atraviesa más atmósfera en el crepúsculo, y es la razón por la que los crepúsculos (y las auroras) se ven rojos.



**FIGURA 27.18**

Figura interactiva

Un rayo de Sol debe viajar por más atmósfera en el crepúsculo que a mediodía. En consecuencia, se dispersa más luz azul del rayo en la puesta del Sol que a mediodía. Para cuando el rayo de luz inicialmente blanca llega al suelo, sólo sobrevive la luz de las frecuencias inferiores, y produce un crepúsculo rojo.

A mediodía, la luz atraviesa una cantidad mínima de atmósfera para llegar a la superficie terrestre. Sólo se dispersa una pequeña parte de la luz solar, la de alta frecuencia, lo bastante como para que el Sol se vea amarillento. Al avanzar el día y al bajar el Sol en el cielo, se alarga la trayectoria de sus rayos en la atmósfera, y de ellos se dispersa cada vez más luz violeta y azul. La eliminación del violeta y el azul hace que la luz transmitida sea más roja. El Sol se vuelve cada vez más rojo, pasando por el amarillo y el anaranjado, y por último al rojo-anaranjado cuando se oculta. Los crepúsculos y las auroras son muy coloridos después de las erupciones volcánicas, porque hay más abundancia en el aire de partículas mayores que las moléculas del aire.

Los colores de los crepúsculos se apegan a nuestras reglas de mezcla de colores. Cuando de la luz blanca se resta el azul, el color complementario que queda es el amarillo. Cuando se resta el violeta, que es de mayor frecuencia, el color complementario que resulta es el anaranjado. Cuando se resta el verde, de



frecuencia intermedia, queda el magenta. Las combinaciones de los colores producidos varían de acuerdo con las condiciones atmosféricas, que cambian de un día para otro y nos proporcionan una diversidad de crepúsculos para admirarlos.

## **PRÁCTICA DE FÍSICA**

Puedes simular un crepúsculo con una pecera llena de agua donde viertas unas cuantas gotas de leche. A continuación, ilumina la pecera con una linterna sorda y verás que desde un lado se ve azulosa. Las partículas de leche dispersan las frecuencias mayores de la luz en el haz. La luz que sale por el lado opuesto de la pecera tendrá un tinte rojizo. Es la luz que no fue dispersada.

## **EXAMÍNATE**

1. Si las moléculas de la atmósfera dispersaran más la luz de baja frecuencia que la luz de alta frecuencia, ¿de qué color sería el cielo? ¿De qué color serían las puestas de sol?
2. Las montañas lejanas se ven azulosas. ¿Cuál es la fuente de ese azul? (Sugerencia: ¿qué hay entre nosotros y las montañas que vemos?)
3. Las montañas nevadas y lejanas reflejan mucha luz y son muy brillantes. Las muy lejanas se ven amarillentas. ¿Por qué? (Sugerencia: ¿qué le sucede a la luz blanca reflejada al ir desde las montañas hasta nosotros?)

## **COMPRUEBA TUS RESPUESTAS**

1. Si se dispersara la luz de baja frecuencia, el cielo al mediodía parecería rojo- naranja. En la puesta del Sol, se dispersarían más rojos por la mayor longitud de la trayectoria de la luz solar, y la que llegará a nosotros sería principalmente azul y violeta. Así, ¡los crepúsculos serían azules!
2. Si vemos hacia las montañas lejanas es muy poca la luz de ellas que nos llega, y predomina el azul de la atmósfera entre ellas y nosotros. El azul que atribuimos a las montañas es en realidad el azul del “cielo” a bajas alturas, ¡que está entre nosotros y las montañas!
3. Las montañas nevadas y brillantes se ven amarillentas porque el azul de la luz blanca que reflejan hacia nosotros se dispersa en el camino. Para cuando la luz nos llega, es débil en las altas frecuencias y fuerte en las bajas frecuencias y, por consiguiente, es amarillenta. A mayores distancias, mayores que a las que normalmente se ven las montañas, parecerían anaranjadas, por la misma razón que los crepúsculos se ven anaranjados.  
¿Por qué vemos el azul dispersado cuando el fondo es oscuro, pero no cuando es claro? Porque la luz azul dispersada es débil. Un color débil se percibe contra un fondo oscuro, pero no contra un fondo claro. Por ejemplo, cuando vemos desde la superficie terrestre hacia la relativa oscuridad del espacio, la atmósfera es azul celeste. Pero los astronautas de arriba ven hacia abajo a través de la misma atmósfera y no ven el mismo azul en las regiones claras de la Tierra.

## **Por qué las nubes son blancas**

Las nubes están formadas por gotitas de agua de distintos tamaños. Esas gotitas de distintos tamaños producen una variedad de frecuencias dispersadas: las más diminutas dispersan más el azul que los demás colores; las gotas un poco mayores dispersan frecuencias un poco mayores, por ejemplo, el verde; y las gotas más grandes dispersan más el rojo. El resultado

general es una nube blanca. Los electrones, cercanos entre sí dentro de una gotita, vibran juntos y en fase, lo cual da como resultado mayor intensidad de la luz dispersa que cuando la misma cantidad de electrones vibran por separado. En consecuencia, ¡las nubes son luminosas!

Cuando la variedad de gotitas es mayor, absorbe mucha de la luz que les llega, y entonces la intensidad que se dispersa es menor. Eso contribuye a la oscuridad de nubes formadas por gotas más grandes. Si las gotitas aumentan más de tamaño, caen como gotas de lluvia.

La siguiente vez que te encuentres admirando un cielo azul intenso, o deleitándote con las formas de las nubes brillantes, o contemplando una bella puesta del Sol, piensa en los diminutos diapasones ópticos que vibran; ¡así apreciarás más las maravillas cotidianas de la naturaleza!

### **Por qué el agua es azul verdoso**

Con frecuencia, al mirar la superficie de un lago o del mar, vemos un bello azul profundo. Pero ése no es el color del agua, es el color reflejado del cielo. El color mismo del agua, que puedes apreciar al mirar un trozo de material blanco bajo el agua, es un azul verdoso pálido.

Aunque el agua es transparente a la luz de casi todas las frecuencias visibles, absorbe mucho las ondas infrarrojas. Esto es porque las moléculas de agua resuenan en las frecuencias del infrarrojo. La energía de las ondas infrarrojas se transforma en energía interna en el agua, y es la causa de que la luz solar caliente al agua. Las moléculas de agua resuenan algo en el rojo visible, por lo que la luz roja es absorbida un poco más que la luz azul en el agua. La luz roja se reduce a la cuarta parte de su intensidad inicial al pasar por 15 metros de agua. Cuando la luz solar penetra en más de 30 metros de agua, tiene muy poca luz roja. Cuando se retira el rojo de la luz blanca, ¿qué color queda? Esta pregunta se puede plantear de otra forma: ¿cuál es el color complementario del rojo? El color complementario del rojo es el cian, que es el azul verdoso. En el agua de mar, el color de todo lo que se ve a través de ella es azul verdoso.

Muchos cangrejos y otras creaturas marinas que parecen negros en aguas profundas se ven rojos al subir a la superficie. A mayores profundidades, el rojo y el negro se ven igual. Aparentemente, el mecanismo evolutivo de la selección no pudo distinguir entre el negro y el rojo a esas profundidades del mar.

Mientras que el color verde azulado del agua es producto de la absorción selectiva de la luz, el estupendo azul vívido de los lagos en las Montañas Rocosas canadienses se debe a la dispersión.<sup>4</sup> Los lagos se alimentan del agua de deshielo de los glaciares, la cual contiene partículas diminutas como rendijas, conocidas como harina de las rocas, que permanecen suspendidas en el agua. La luz se dispersa desde estas diminutas partículas y le da al agua su estupendo y vívido color (figura 27.21). (A los turistas que fotografían estos lagos se les aconseja que le digan a quienes las revelan que ¡no ajusten el color de las imágenes al azul “real”!)

### FIGURA 27.21

El azul extraordinario del lago de las Montañas Rocosas canadienses se debe a la dispersión de partículas extremadamente diminutas de rendijas glaciales suspendidas en el agua.



Es muy interesante el hecho de que el color que vemos no existe en el mundo que nos rodea. Está en nuestras mentes. El mundo está lleno de vibraciones, es decir, de ondas electromagnéticas que estimulan la sensación de colores cuando las vibraciones interactúan con las antenas receptoras en forma de cono que hay en la retina. Qué bueno que haya interacciones entre los ojos y el cerebro que produzcan los bellos colores que vemos.

### Créditos

Este material se realizó basado en la propuesta de los y las profesoras Cynthia Moreno, Diego Ramírez y Pamela Mondaca.

### Referencias Bibliográficas

Hewitt, P. G. (2007). *Física Conceptual* (10ª ed.). PEARSON EDUCACIÓN.

### Nota Final

Si posees alguna crítica constructiva para este material, o construiste una adaptación de este, o hiciste las actividades sugeridas en tu casa o en tu sala de clases y nos quieres contar tu experiencia, no dudes en escribirnos y te invitamos a compartir tu experiencia en redes sociales etiquetándonos como @Instituto Milenio MIRO.