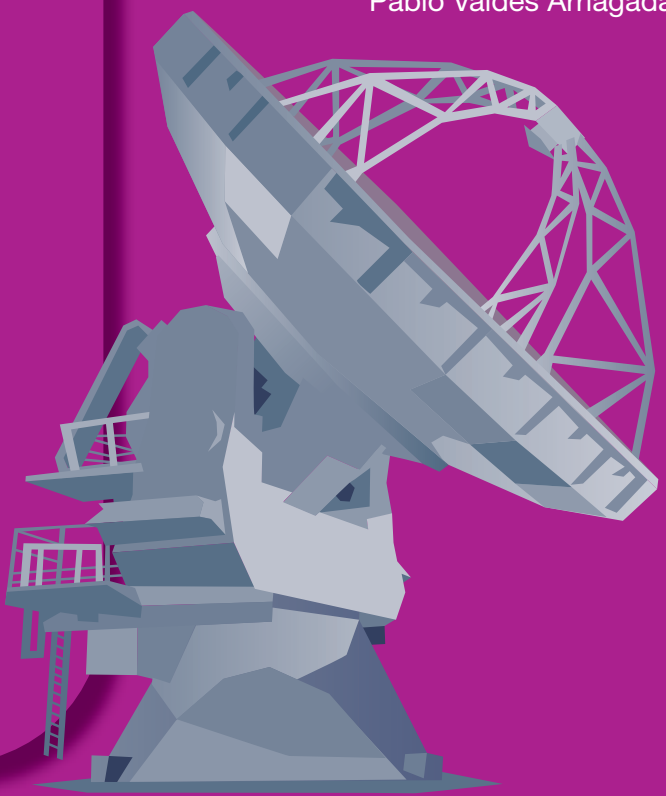
TEXTO DEL ESTUDIANTE

Ciencias Naturales

EJE FÍSICA

1.° MEDIO

Felipe Moncada Mijic
Loreto Sanhueza Cid
Pablo Valdés Arriagada



Ministerio de Educación
Gobierno de Chile

EDICIÓN ESPECIAL PARA EL MINISTERIO DE EDUCACIÓN
PROHIBIDA SU COMERCIALIZACIÓN

sm

TEXTO DEL ESTUDIANTE

Ciencias Naturales

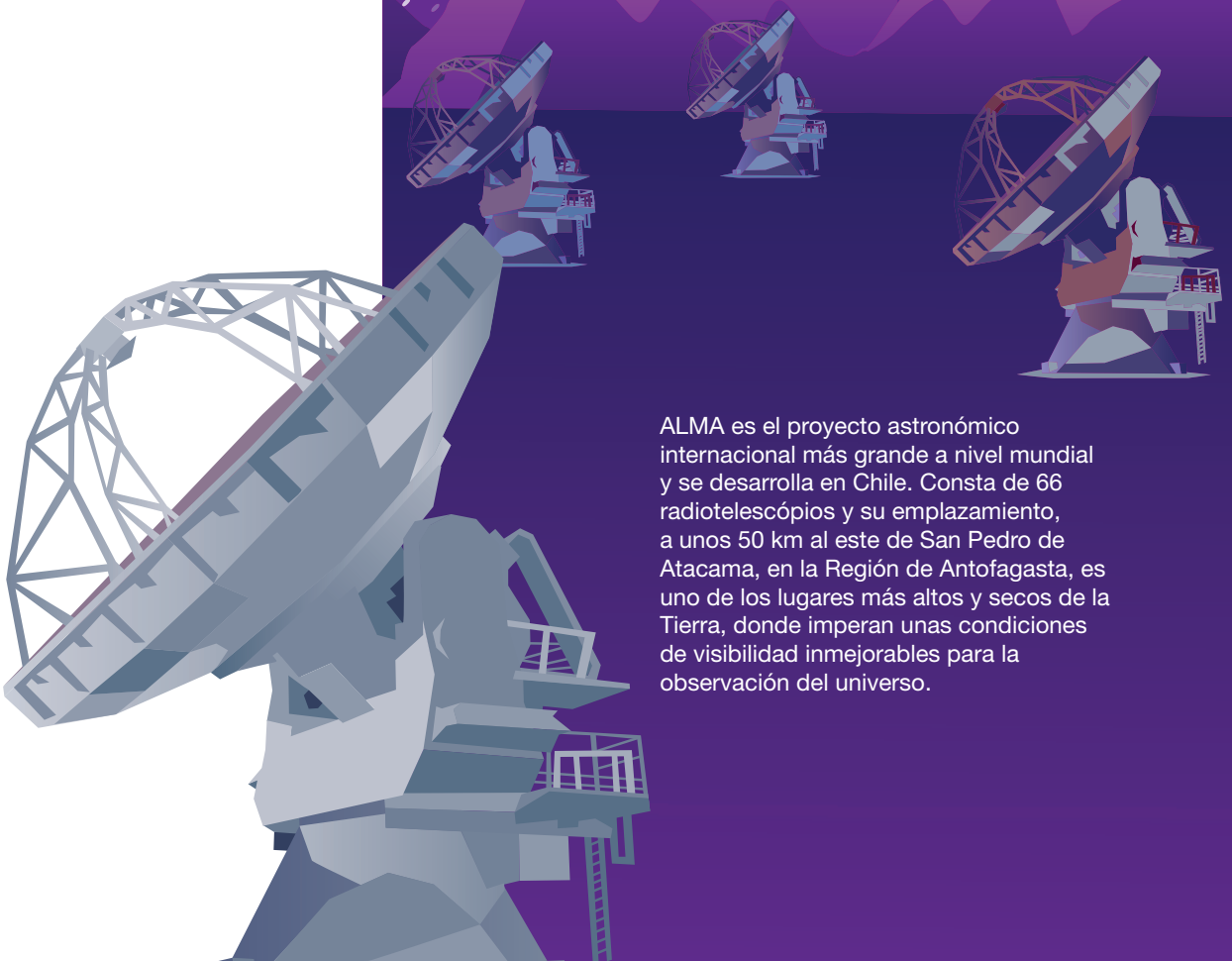
EJE FÍSICA

1° MEDIO

Felipe Moncada Mijic
Licenciado en Educación
Profesor de Física y Matemática
Universidad de Santiago de Chile

Loreto Sanhueza Cid
Profesora de Ciencias Naturales y Física
Universidad de Concepción
Master of Science in Science and Education
University of Bristol, Reino Unido

Pablo Valdés Arriagada
Licenciado en Educación
Profesor de Física y Matemática
Universidad de Santiago de Chile
Magíster en Educación de las Ciencias, mención Física
Universidad de Talca



ALMA es el proyecto astronómico internacional más grande a nivel mundial y se desarrolla en Chile. Consta de 66 radiotelescópios y su emplazamiento, a unos 50 km al este de San Pedro de Atacama, en la Región de Antofagasta, es uno de los lugares más altos y secos de la Tierra, donde imperan unas condiciones de visibilidad inmejorables para la observación del universo.

El Texto del estudiante **Ciencias Naturales Eje Física 1º medio** es una creación del Departamento de Estudios Pedagógicos de Ediciones SM, Chile.

Dirección editorial
Arlette Sandoval Espinoza

Coordinación editorial
María José Martínez Cornejo

Coordinación área Ciencias Naturales
Andrea Tenreiro Bustamante

Edición
Pablo Valdés Arriagada

Autoría
Felipe Moncada Mijic
Loreto Sanhueza Cid
Pablo Valdés Arriagada

Asesoría pedagógica
José Miguel Muñoz San Martín

Consultoría
Walter Bussenius Cortada

Corrección de estilo y pruebas
Cristina Varas Largo

Desarrollo de solucionario
Pablo Valdés Arriagada

Dirección de arte
Carmen Gloria Robles Sepúlveda

Coordinación de diseño
Gabriela de la Fuente Garfias

Diseño de portada
Estudio SM

Diseño y diagramación
José Luis Jorquera Dolz

Ilustraciones
Javier Bahamonde Otárola
Carlos Urquiza Moreno

Fotografía
Carlos Johnson Muñoz
Archivo fotográfico SM
Latinstock
NASA
ESO

Jefatura de producción
Andrea Carrasco Zavala

Este texto corresponde al Primer año de Educación Media y ha sido elaborado conforme al Decreto Supremo Nº 614/2013, del Ministerio de Educación de Chile.

©2015 – Ediciones SM Chile S.A. – Coyancura 2283 piso 2 – Providencia

ISBN: 978-956-349-959-9 / Depósito legal: 260991

Se terminó de imprimir esta edición de XXX.XXX ejemplares en el mes de XXX del año 2017.

Impreso por A Impresores

Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización escrita de los titulares del "Copyright", bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, y la distribución en ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo público.

PRESENTACIÓN

El texto que tienes en tus manos es una herramienta elaborada pensando en ti.
Tú serás el protagonista de tu propio aprendizaje y el texto será el vehículo que, junto a tu profesor o profesora, te oriente y te acompañe en la adquisición de los contenidos y el desarrollo de las habilidades, actitudes y procedimientos propios de la Física.

1 ¿Qué es la Física?

Es una ciencia que busca explicar el entorno que nos rodea. Para ello se vale de la observación y de la experimentación, con el fin de establecer leyes, principios y teorías que den cuenta del mundo en el que vivimos. Es una ciencia en constante construcción y, gracias a sus logros, hoy en día podemos ser testigos de incontables avances tecnológicos.

2 ¿Qué aprenderé?

En este texto aprenderás acerca de fenómenos naturales como el sonido, la luz y el movimiento. Además conocerás cómo la ciencia construye el conocimiento de forma dinámica y colaborativa.

3 ¿Cómo aprenderé?

El texto promueve el desarrollo de habilidades de investigación científica y actitudes como un elemento central del proceso de aprendizaje. Para ello, se presenta una serie de estrategias, actividades, proyectos y procedimientos prácticos que te permitirán razonar, argumentar y experimentar en torno a los fenómenos que se producen en la naturaleza.

4 ¿Para qué?

Para que logres acercarte a esta disciplina científica con gusto y motivación, a fin de que conozcas más tu entorno desde el prisma de la Física.

Este proyecto es una propuesta integral, que busca contribuir a tu formación como ciudadano activo, crítico, reflexivo, capaz de integrarte y dejar huella en la sociedad. Te invitamos a recorrer tu texto y asombrarte con lo que eres capaz de lograr.

5 ¿Qué espero yo?

¡Te invitamos a ser protagonista de tu aprendizaje y a tomar un lugar activo para construir un mundo cada vez mejor!

CONOCE tu texto

A continuación, te invitamos a revisar el detalle de los tipos de páginas y secciones que encontrarás en cada una de las unidades del texto.

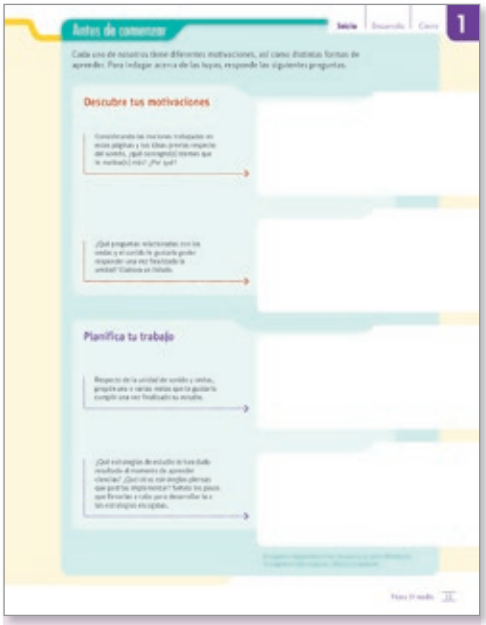
Inicio de unidad

Entrada a la unidad

Se presenta una imagen central motivadora que hace alusión a un lugar de Chile. Para despertar tu curiosidad, se propone una serie de preguntas relacionadas con las principales nociones que se desarrollarán en la unidad. También se incluye una ruta con los aprendizajes propuestos: lo que vas a estudiar y para qué.

Activa tus aprendizajes previos

El objetivo de esta sección es que explores y registres tus ideas y nociones previas, mediante una serie de actividades motivadoras.



Antes de comenzar

Esta sección te permitirá reconocer y registrar tus motivaciones, establecer planes de trabajo, y trazarte metas antes de abordar el estudio de la unidad.

Desarrollo de la unidad

Comienzo de lección

Cada lección se inicia mediante una actividad, cuya finalidad es reconocer y registrar ideas previas. Además de aproximarse a los nuevos conceptos a través de la observación y el planteamiento de preguntas.

Taller de ciencias

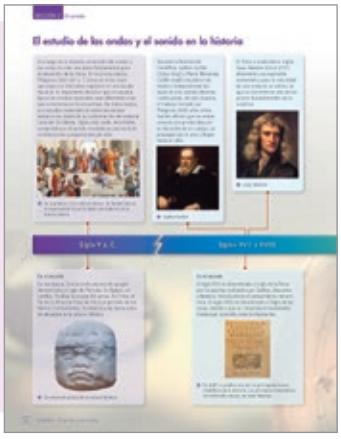
A lo largo del desarrollo de la lección, se presentan talleres experimentales en los que podrás vivenciar las distintas etapas de una investigación científica.

Taller de estrategias

En las lecciones se presentan talleres en los que se te enseñará, paso a paso, cómo realizar un procedimiento propio de las ciencias y luego pondrás a prueba tus aprendizajes en la sección *Desafío*.

Línea de tiempo

Esta instancia permite conocer cómo se ha construido el conocimiento científico a lo largo del tiempo y, a su vez, relacionar distintos avances que se han producido en el estudio de la ciencia con diferentes eventos históricos, ocurridos en Chile y el mundo.



Integra tus nuevos aprendizajes

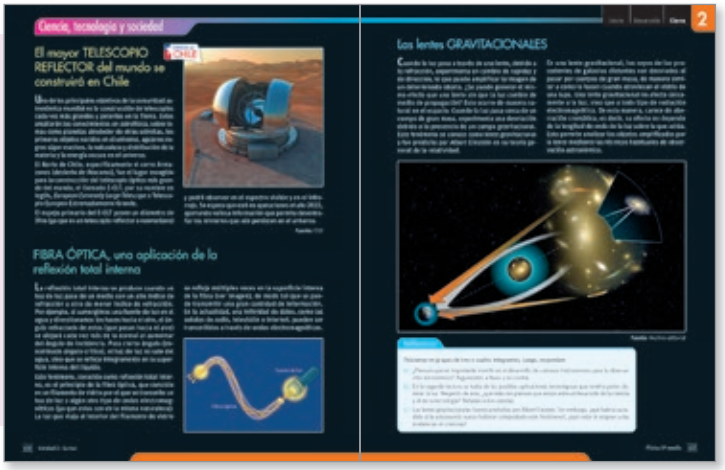
Es una oportunidad para que sepas cómo te encuentras en tu proceso de aprendizaje, respecto de las nociones esenciales de la lección.

CONOCE tu texto

Cierre de la unidad

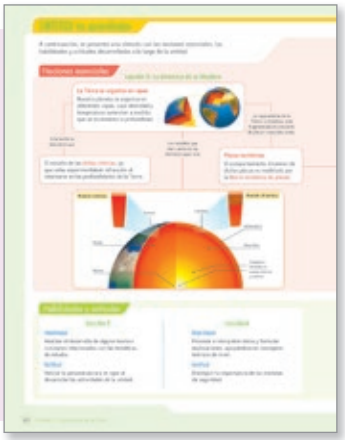
Ciencia, tecnología y sociedad

Esta sección permite relacionar algunos de los temas trabajados en la unidad con aplicaciones tecnológicas e invitarte a reflexionar sobre sus implicancias sociales. En ella, también se destaca el trabajo científico realizado en Chile.



Sintetiza tus aprendizajes

Corresponde a una instancia en la que se destacan las nociones esenciales de la unidad y se muestra cómo estas se relacionan entre sí. Además, se proponen distintas herramientas que te permitirán sintetizar los grandes temas de la unidad.



Consolida tus aprendizajes

Para cerrar la unidad, se propone una instancia evaluativa de los contenidos en la que se miden, principalmente, habilidades de orden superior, como analizar, aplicar y evaluar.

Material de apoyo

Al final del texto se presenta una serie de herramientas cuyo objetivo es apoyar tu trabajo escolar a lo largo del año. Además, encontrarás el solucionario de tu texto y bibliografía que podrás utilizar para estudiar.

Más allá de tu texto

Para descubrir nuevas actividades y profundizar en los aprendizajes, pídele ayuda a tu profesor(a) para acceder a los recursos digitales que se sugieren en el texto.

Recurso digital complementario

A lo largo de tu texto también encontrarás códigos que podrás ingresar en la página http://codigos.auladigital.cl para ver los sitios web sugeridos.

Etapas de la investigación científica

para trabajar en los Talleres de ciencias

En la investigación científica se emplea un método riguroso, preciso y cuidadoso de proceder, con el propósito de estudiar y comprender los fenómenos que acontecen en la naturaleza.

En toda investigación científica se hace uso de una serie de habilidades y procedimientos que buscan resolver problemas y dar respuesta a fenómenos del entorno. Ante esto, en el trabajo científico es posible distinguir etapas, las que tú trabajarás en los *Talleres de ciencias*. Veamos cuáles son:

Observar

La observación es muy importante. Muchas veces es casual, pero comúnmente es activa y dirigida a partir de la curiosidad. De tal manera que lo observado se analiza, se relaciona con conocimientos científicos anteriores y se registra por su potencial relevancia.

Plantear un problema y formular una hipótesis

En esta etapa se plantea una interrogante o problema a partir de las observaciones, con el objetivo de delimitar el fenómeno que se investigará.

Experimentar

En esta etapa se planifica y se desarrolla un procedimiento experimental que permita responder la pregunta planteada. Para ello, es necesario relacionar las variables de estudio, las que pueden ser independientes o dependientes. La variable independiente es aquella que se manipula. La variable dependiente es la condición que cambia según las modificaciones en la variable independiente. Dichos cambios deben ser registrados. Además, para que la medición sea válida, cualquier otro factor que afecte el experimento debe permanecer constante, así también, todo resultado debe ser contrastado con un "control", al que no se aplica la variable independiente; por lo tanto, es el punto de comparación para los resultados obtenidos.

Registrar y organizar

Es la recolección y registro de los datos y observaciones que surgen durante el procedimiento experimental aplicado. Los resultados deben ser organizados en tablas de datos, gráficos, figuras, esquemas, entre otros recursos.

Analizar y concluir

Es la explicación de los resultados obtenidos. Se interpretan tanto los resultados esperados como los no esperados. Generalmente es un análisis que se apoya en antecedentes surgidos en otras investigaciones.

Evaluar

Se refiere a la revisión del procedimiento realizado. Para ello es necesario considerar aspectos como la selección de materiales, la rigurosidad en la ejecución de los pasos, en las mediciones y en el análisis, la identificación y corrección de los errores y la calidad de las fuentes de información utilizadas.

Comunicar

Consiste en dar a conocer los resultados de la investigación científica y las conclusiones obtenidas a partir de ella. En esta etapa se deben explicar los nuevos conocimientos adquiridos y los procesos emprendidos mediante un lenguaje claro y preciso, que incluya la explicación de los conceptos de mayor complejidad, además de contar con otros recursos, como gráficos, tablas, modelos y TIC. Junto con lo anterior, es importante que los integrantes del equipo de trabajo señalen sus puntos de vista respecto de su trabajo, con el fin de discutir, argumentar, aceptar distintas opiniones, llegar a consensos y, de esta manera, enriquecer sus ideas y mejorar futuras investigaciones.

ÍNDICE

Unidad 1
EL SONIDO Y LAS ONDAS

Página 10

Inicio

Activa tus aprendizajes previos.....12
Antes de comenzar 15

Desarrollo

Lección 1: FENÓMENOS ONDULATORIOS 16
¿Qué son las ondas? 16
¿Cómo se clasifican las ondas? 18
Representación y características de una onda 22
Taller de estrategias:
¿Cómo determinar los elementos temporales de una onda?..... 24
Taller de ciencias: Las ondas y la materia 26

Unidad 2
LA LUZ

Página 66

Inicio

Activa tus aprendizajes previos.....68
Antes de comenzar 71

Desarrollo

Lección 3: ¿QUÉ ES Y CÓMO SE COMPORTA LA LUZ? 72
La naturaleza de la luz 72
El espectro electromagnético 76
Taller de estrategias: Construyendo un modelo de cámara oscura 78

Unidad 3
EL DINAMISMO DE LA TIERRA

Página 114

Inicio

Activa tus aprendizajes previos.....116
Antes de comenzar 119

Desarrollo

Lección 5: LA DINÁMICA DE LA LITOSFERA.....120
¿Cómo es el interior de la Tierra?..... 121
Los modelos del interior de la Tierra.....121
El movimiento de los continentes..... 124
La teoría de la deriva continental.....125
La expansión del fondo oceánico..... 128
Taller de estrategias: Modelando algunos movimientos de la litosfera.....130

Unidad 4
EL UNIVERSO Y SUS ESTRUCTURAS

Página 166

Inicio

Activa tus aprendizajes previos.....168
Antes de comenzar 171

Desarrollo

Lección 7: OBSERVANDO EL SISTEMA SOLAR..... 172
La observación de los cuerpos que forman parte del sistema solar..... 173
¿Qué cuerpos celestes conforman el sistema solar?..... 174
Los movimientos de la Tierra y de la Luna, y sus consecuencias..... 182
Taller de estrategias: Modelando un eclipse..... 184
Integra tus nuevos aprendizajes 188

Propiedades de las ondas 28
Integra tus nuevos aprendizajes 30
Lección 2: EL SONIDO 32
¿Cómo se origina y propaga el sonido? 32
¿Cómo percibimos el sonido? 34
El espectro de la audición 36
Las características del sonido 38
Proyecto:
¿Existe contaminación acústica en mi sala de clases y colegio? 39
¿Con qué rapidez se propaga el sonido? 42
Taller de estrategias: Variaciones en la rapidez del sonido 43
Taller de ciencias:
Reflexión y absorción de las ondas sonoras 44
Las propiedades de las ondas sonoras 46
El estudio de las ondas y el sonido en la historia 54
Integra tus nuevos aprendizajes 56
Cierre
Ciencia, tecnología y sociedad 58
Sintetiza tus aprendizajes 60
Consolida tus aprendizajes 62

Propagación rectilínea de la luz 80
Las propiedades ondulatorias de la luz 81
Integra tus nuevos aprendizajes 86
Lección 4: LA LUZ Y SUS APLICACIONES 88
¿Cómo se forman los colores? 88
¿Cómo se forma una imagen en un espejo? 90
Taller de estrategias: Determinando el foco de un espejo curvo 92
Formación de imágenes en espejos curvos 94
Formación de imágenes en lentes 96
Taller de estrategias: ¿Cómo aplicar los rayos notables para obtener la imagen en diferentes tipos de lentes? 98
Proyecto: Construcción de un telescopio refractor 101
¿Cómo percibimos la luz? 102
Integra tus nuevos aprendizajes 104
Cierre
Ciencia, tecnología y sociedad 106
Sintetiza tus aprendizajes 108
Consolida tus aprendizajes 110

La teoría tectónica de placas 132
Integra tus nuevos aprendizajes 134
Lección 6: EL MOVIMIENTO DE LAS PLACAS Y SUS CONSECUENCIAS 136
¿Qué son y cómo se originan los sismos? 137
¿Cómo se propaga un sismo? 138
Proyecto: Construyendo un sismógrafo 139
¿Cómo a partir de las ondas sísmicas se pudieron conocer las capas de la Tierra y sus límites 140
Taller de estrategias: Ubicación del epicentro de un sismo mediante triangulación 142
Los parámetros de un sismo 144
Los efectos de los sismos 146
Chile, un país sísmico 148
Proyecto: ¿Cuál es el plan de acción para enfrentar un sismo en mi colegio? 149
Las placas tectónicas y el volcanismo 150
El estudio de la dinámica terrestre en la historia 154
Integra tus nuevos aprendizajes 156
Cierre
Ciencia, tecnología y sociedad 158
Sintetiza tus aprendizajes 160
Consolida tus aprendizajes 162

Lección 8: LA OBSERVACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS CÓSMICAS 190
Las estrellas 190
Las galaxias 194
¿Qué estructuras forman las galaxias? 196
Las nebulosas 197
En búsqueda de exoplanetas 198
Taller de ciencias: Aumento y aberración cromática del telescopio de Kepler 200
Tecnologías para la observación del universo 202
Chile, una ventana al universo 204
El estudio las estructuras cósmicas a lo largo de la historia 206
Integra tus nuevos aprendizajes 208
Cierre
Ciencia, tecnología y sociedad 210
Sintetiza tus aprendizajes 212
Consolida tus aprendizajes 214

Material de apoyo
Solucionario 218
Índice temático 232
Glosario 234
Anexo 238
Bibliografía 239

Unidad

1

EL SONIDO Y LAS ONDAS

Todos los días escuchamos incontables sonidos, como el canto de los pájaros, la bocina de un automóvil o la voz de otra persona. Pero ¿te has preguntado qué es el sonido? o ¿de qué manera llega hasta nosotros? ¿Por qué crees que es importante conocer acerca de los fenómenos sonoros para entender el mundo que nos rodea?

Propósito de la unidad

La unidad **El sonido y las ondas** tiene por objetivo que comprendas los fenómenos asociados al sonido y, además, que puedas alcanzar tus propias metas respecto de los aprendizajes que se proponen. Para ello, en la unidad se desarrolla una serie de actividades en las que se articulan conceptos, habilidades y actitudes.

Observa la imagen y responde las siguientes preguntas:

1. ¿En qué dirección se propaga el sonido emitido por los músicos?
2. Al dejar caer una moneda en una fuente, ¿qué se propaga en el agua?
3. ¿Qué entiendes por contaminación acústica?

¿Qué vas a aprender? ¿Para qué?

Lección 1: FENÓMENOS ONDULATORIOS		
Noción	• El modelo ondulatorio.	• Comprender diferentes fenómenos naturales, como el sonido.
Habilidad	• A analizar el desarrollo de alguna teoría o concepto relacionado con los temas de estudio.	• Entender que la ciencia es una herramienta que nos permite conocer el mundo.
Actitud	• A mostrar interés en conocer la realidad al estudiar fenómenos naturales.	• Valorar la manera en que la ciencia describe la naturaleza.
Lección 2: EL SONIDO		
Noción	• Qué es y cómo se propaga el sonido.	• Entender fenómenos cotidianos.
Habilidad	• A procesar e interpretar datos y formular explicaciones.	• Emplearlos en procedimientos científicos.
Actitud	• A mostrar perseverancia, rigor y cumplimiento.	• Alcanzar el éxito en el proceso de aprendizaje.

ACTIVA tus aprendizajes previos

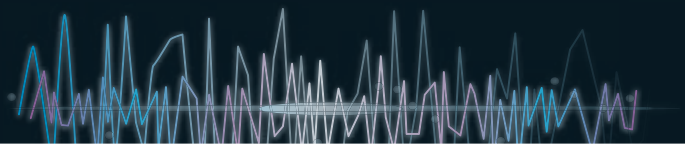
Antes de comenzar el desarrollo de la unidad explora, a través de las siguientes actividades, tus ideas respecto a las temáticas que abordaremos.

Contaminación acústica

Colegios expuestos a un alto nivel

Un estudio sobre contaminación acústica del Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente (Sesma) determinó que cuatro avenidas de la capital registran niveles de ruido muy intenso, sobrepasando los 70 decibeles (como promedio de 24 horas). Según el Sesma, la exposición permanente a esta situación trae, con los años, pérdida de la audición en las personas. En las cercanías de estas calles, por donde circula una gran cantidad de vehículos, funcionan establecimientos educacionales, cuyos profesores, alumnos y auxiliares podrían presentar algunos síntomas (sicológicos o fisiológicos) producto de esta contaminación acústica.

Fuente: Emol.com



- ¿Cuáles de los conceptos mencionados en la noticia, que se relacionan con el sonido, conoces? Escríbelos.

- ¿Qué otros conceptos piensas que son necesarios para comprender la información expuesta en la noticia? Menciónalos.

- ¿Qué medidas propondrías para disminuir la contaminación acústica al interior de las salas de clases?

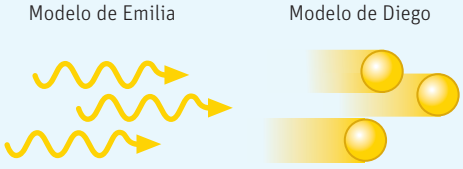
Los efectos del sonido

Carolina y Sebastián realizaron la siguiente experiencia: sobre un recipiente tensaron un film plástico, similar a la membrana de un tambor. Luego, sobre esta última, añadieron pequeños trozos de plumavit®, tal como se presenta en la imagen. Finalmente, utilizando un silbato, emitieron un sonido muy intenso, cerca de los trozos de plumavit®.

- ¿Qué piensas que le sucederá a los trozos de plumavit® al emitir un sonido con el silbato? Justifica tu respuesta.

¿Qué es el sonido?

Dos amigos, Emilia y Diego discuten acerca de la naturaleza del sonido. Emilia le señala a Diego que el sonido son ondas que se propagan por el aire y que transportan energía. Diego, por otro lado, le plantea a Emilia que el sonido está compuesto por pequeñas partículas a las que denomina "corpúsculos". Estas viajan por el aire y también transportan energía.

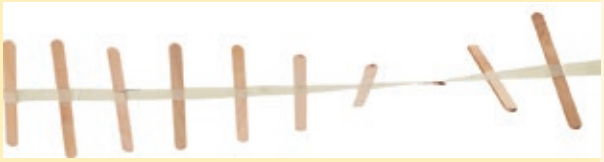


- ¿Qué semejanzas y diferencias existen en los modelos propuestos por Emilia y Diego? Explica.
- ¿Qué explicación (la de Emilia o Diego) piensas que es más adecuada?

¿Reacción en cadena?

El montaje representado en la imagen corresponde a un sistema conformado por una cinta sometida a tensión, que tiene adheridos una serie de palitos de helado que se encuentran equidistantes.

En cierto instante, uno de los palitos es perturbado.



Producto de lo anterior, los palitos comienzan a oscilar de forma consecutiva, uno tras otro.

- Menciona todos aquellos conceptos físicos que piensas que están involucrados en la experiencia anterior.

Recurso digital complementario

¿Cómo representar datos?

Para determinar la relación entre la frecuencia sonora de una cuerda y la tensión a la que es sometida, un grupo de estudiantes diseñó el siguiente experimento: dispusieron una cuerda de un metro de longitud entre dos pilares de madera, tal como se muestra en la imagen. Luego, para tensarla, colgaron alternadamente, de uno de sus extremos, pesos previamente graduados; en este caso, el peso colgado y la tensión de la cuerda son dos fuerzas de igual magnitud. Utilizando un afinador electrónico para guitarra, determinaron la frecuencia sonora de la cuerda para cada tensión. Es importante tener presente que la frecuencia sonora nos entrega información de cuán grave o agudo es un sonido: a mayor frecuencia, más agudo se percibirá un sonido.

Los resultados obtenidos por los estudiantes fueron registrados en la siguiente tabla:

Tensión medida en newton (N)	Frecuencia medida en hertz (Hz)
0	0,0
1	50,0
2	70,7
3	86,6
4	100,0
5	112,0

- Haz un gráfico identificando cuál es la variable independiente y cuál la dependiente.

Antes de comenzar

Cada uno de nosotros tiene diferentes motivaciones, así como distintas formas de aprender. Para indagar acerca de las tuyas, responde las siguientes preguntas.

Descubre tus motivaciones

Considerando las nociones trabajadas en estas páginas y tus ideas previas respecto del sonido, ¿qué concepto(s) sientes que te motiva(n) más? ¿Por qué?

¿Qué preguntas relacionadas con las ondas y el sonido te gustaría poder responder una vez finalizada la unidad? Elabora un listado.

Planifica tu trabajo

Respecto de la unidad de sonido y ondas, propón una o varias metas que te gustaría cumplir una vez finalizado su estudio.

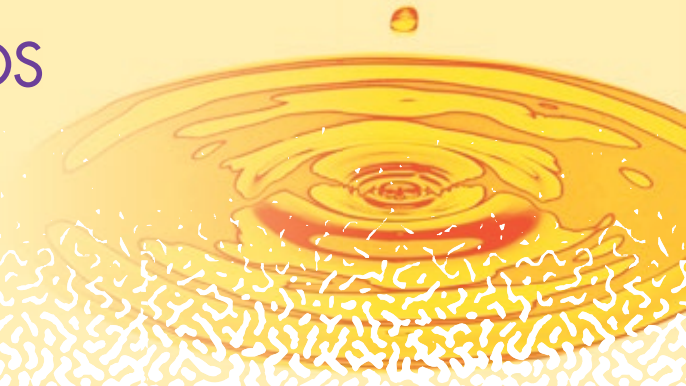
¿Qué estrategias de estudio te han dado resultado al momento de aprender ciencias? ¿Qué otras estrategias piensas que podrías implementar? Señala los pasos que llevarías a cabo para desarrollar la o las estrategias escogidas.

El espacio disponible en los recuadros es solo referencial.
Si requieres más espacio, utiliza tu cuaderno.

LECCIÓN 1

FENÓMENOS ONDULATORIOS

¿Para qué estudiar los fenómenos ondulatorios? Es importante conocer acerca de ellos, ya que su estudio te permitirá comprender de mejor manera el mundo que te rodea. Sin embargo, esperamos que tú mismo puedas responder esta pregunta al final de la lección.



Objetivo
Reconocer y registrar aprendizajes previos.

Habilidades
Analizar resultados.

Actitud
Presentar disposición a los nuevos desafíos.

Tiempo
20 minutos.

Me preparo para aprender

Es importante que reconozcas aquello que sabes o piensas en relación a las temáticas que se desarrollarán en esta lección, ya que tus concepciones previas son el cimiento sobre el que se construirán los nuevos aprendizajes.

Con el fin de observar algunos fenómenos ondulatorios, Natalia y Gabriel realizaron la siguiente experiencia: ubicaron un corcho sobre el agua de modo que flotara en una posición fija. Luego, Natalia perturbó con un dedo el agua, tal como se muestra en la imagen inferior. Producto de lo anterior, observaron que el corcho comenzó a oscilar (de abajo hacia arriba) en la misma posición.

a. ¿Qué conceptos crees que se asocian al movimiento del corcho? ¿Qué concepto se podría relacionar con la perturbación que se propaga sobre la superficie del agua? Menciónalos.

b. ¿Qué actitudes y habilidades te ayudan a responder preguntas como las anteriores? ¿Qué actitud piensas que te puede servir para los nuevos aprendizajes?

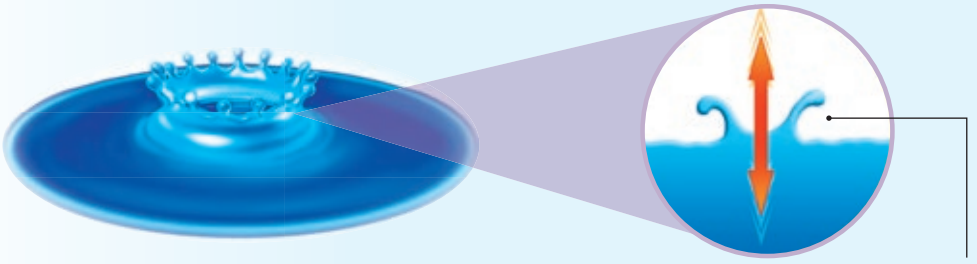
c. ¿Por qué crees que es importante, para ti, estudiar las ondas y el sonido?

¿Qué son las ondas?

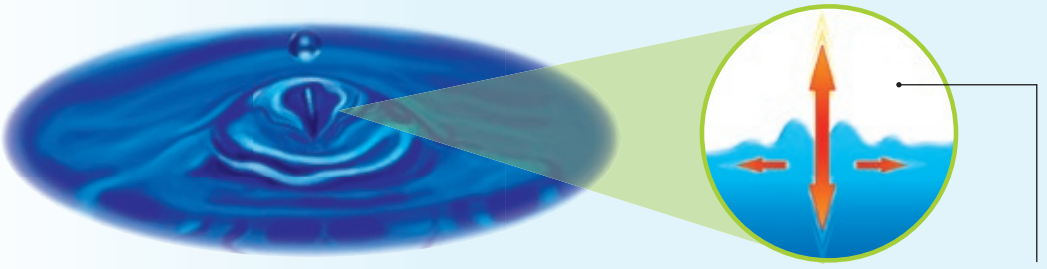
Si arrojas una piedra en un estanque con agua, notarás que la perturbación que esta ocasiona se propaga sobre su superficie como círculos concéntricos que aumentan de tamaño. De manera similar, si sacudes una cuerda, se producirá una perturbación parecida a una ola que se desplazará a través de ella. ¿Qué tienen en común estos fenómenos? ¿Qué es lo que se propaga en el agua y en la cuerda, respectivamente?

En la actividad anterior pudiste observar dos hechos: la vibración de un medio material y la propagación de pulsos o perturbaciones en dicho medio. Cuando esto sucede, hablamos de un fenómeno ondulatorio. Una **onda** corresponde a una perturbación específica de un medio (material o no), la que puede originarse por un cambio en la densidad, la presión, el campo magnético o el campo eléctrico del medio. Cuando una onda se propaga, no transporta materia, sino energía.

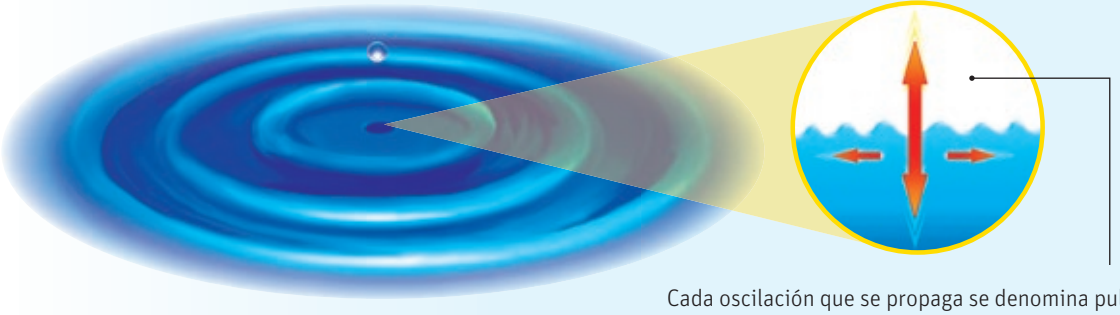
Un medio es considerado elástico si las partículas que lo conforman pueden oscilar respecto de una posición determinada cuando este es perturbado. Si la energía de la oscilación es transmitida de una partícula a otra, entonces se da origen a un movimiento ondulatorio. Para analizar este fenómeno, observa la siguiente secuencia de imágenes y lee la descripción asociada a cada una de ellas.



Cuando una gota cae al agua, la energía que transporta es transferida a este medio. El punto donde el agua es perturbada se denomina foco.



Debido a las propiedades del agua (densidad y elasticidad), la región cercana al foco comienza a oscilar o vibrar. Así, la perturbación originada en el medio se propaga en forma de ondulaciones progresivas.



Cada oscilación que se propaga se denomina pulso. A medida que la onda se aleja del foco, la energía que transporta se distribuye en una circunferencia de mayor radio, por lo que la altura de las ondulaciones (o amplitud) disminuye. Este fenómeno es llamado **atenuación de una onda**.

¿Cómo se clasifican las ondas?

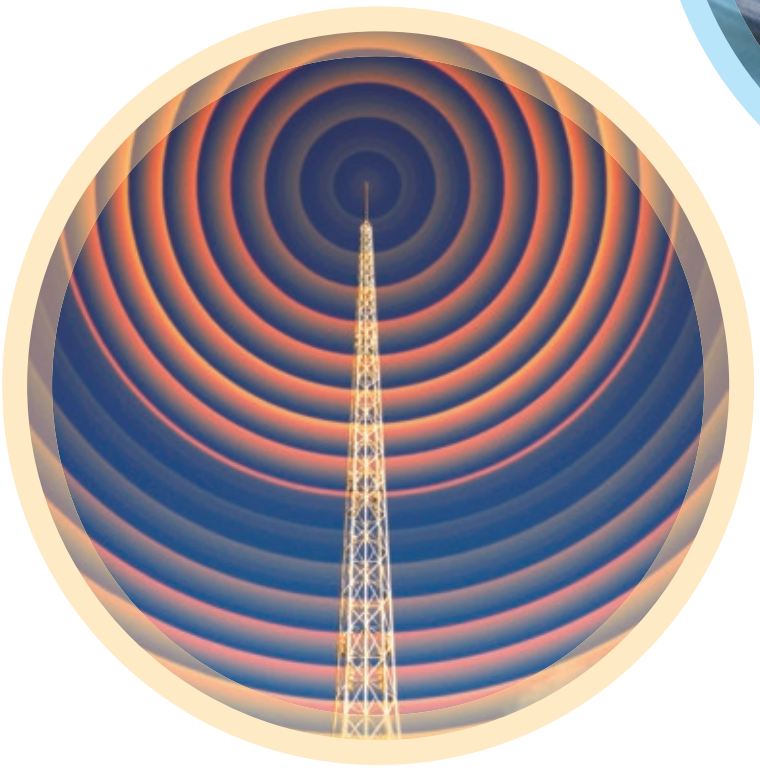
No todas las ondas se propagan de igual forma o en los mismos medios. Es por ello que se clasifican según distintos criterios, como el medio de propagación, la dirección de vibración del medio o la dirección de propagación, entre otros. Ahora, analizaremos algunos de los criterios de clasificación de las ondas.

Primer criterio: medio de propagación

Ondas mecánicas

Una **onda mecánica** corresponde a una perturbación de alguna de las propiedades mecánicas de un medio material, como la posición, la velocidad o la energía de las partículas que lo conforman (átomos o moléculas). Una onda mecánica siempre requiere de un medio material para propagarse, ya sea sólido, líquido o gaseoso. Son ejemplos de ondas mecánicas una perturbación que se propaga sobre el agua, las ondas sísmicas o el sonido.

↑ Ondulaciones en el agua.



↑ La imagen corresponde a una representación de las ondas de radio. Como estas no pueden ser percibidas mediante nuestros sentidos, la imagen no necesariamente da cuenta de la realidad.

Ondas electromagnéticas

Una **onda electromagnética** se produce por una perturbación de las propiedades eléctricas y magnéticas del espacio (campo magnético y campo eléctrico). Una onda electromagnética no requiere de un medio material para su propagación, ya que puede hacerlo en el vacío. Esto no significa que no pueda propagarse en un medio material. Son ejemplos de ondas electromagnéticas la luz, la radiación infrarroja, las ondas de radio, etc. La mayoría de las ondas electromagnéticas no las podemos percibir, a excepción de la luz (a través de nuestros ojos) y la radiación infrarroja asociada al calor (mediante nuestra piel).

Segundo criterio: dirección de vibración del medio

Las ondas también se pueden clasificar a partir de la dirección de su propagación en relación con la vibración de las partículas del medio. Para analizar esto, realicen la siguiente actividad.

Actividad

Objetivo
Describir la forma en la que se propagan las ondas, relacionándolo con fenómenos cotidianos.

¿Qué debo saber para desarrollar la actividad?

Habilidades
Observar y describir.

Actitud
Mostrar curiosidad e interés por el conocimiento.

Tiempo
20 minutos.

¿De qué manera se puede propagar una onda?

Reúnanse en grupos de tres integrantes. Luego, consigan un resorte largo (similar a algunos juguetes o resortes plásticos largos que se venden en el comercio) y realicen el siguiente procedimiento:

1. Fijen uno de los extremos del resorte a un muro o un soporte. Luego, hagan vibrar con una mano el extremo libre del resorte, de forma horizontal (imagen 1). Observen de qué manera se propagan los pulsos en el resorte.
2. Repitan el procedimiento anterior, pero esta vez hagan vibrar el resorte de forma vertical (imagen 2). Observen cómo se propagan los pulsos en este caso.

En relación con el procedimiento realizado, respondan:

a. En la primera situación, ¿cómo es la dirección en la que se hizo vibrar el resorte en comparación con la dirección en la que se propagaron los pulsos?
b. ¿Cómo son las direcciones de vibración y de propagación en la segunda situación?
c. Señalen algún fenómeno ondulatorio que pueda ser representado por el resorte en cada una de las situaciones.
d. ¿Qué otras preguntas les surgen respecto de lo observado en la actividad?, ¿qué estrategias utilizarían para responderlas?

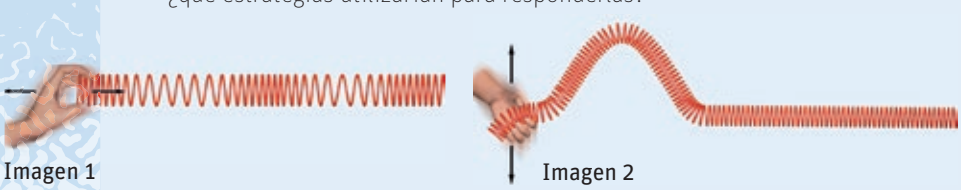
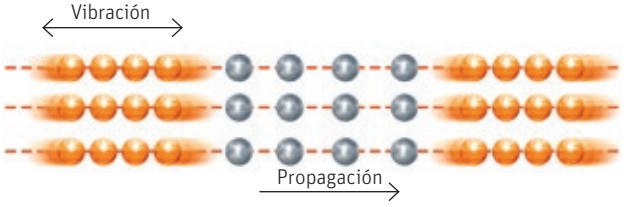


Imagen 1 Imagen 2

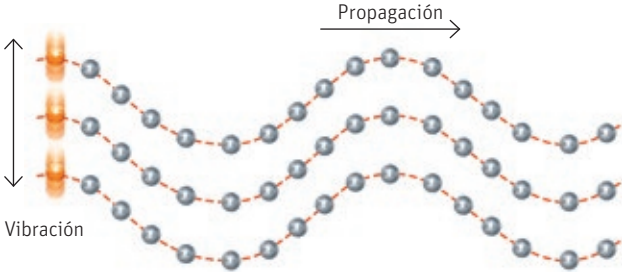
En la actividad anterior, observaste que una perturbación se puede propagar de dos formas: en la misma dirección en la que vibran las partículas del medio, o bien, en una dirección perpendicular a la vibración de las partículas del medio. En el primer caso hablamos de una onda **longitudinal** y en el segundo, de una onda **transversal**.

Onda longitudinal



En una onda longitudinal, las partículas del medio vibran en la misma dirección en que se propaga la onda.

Onda transversal

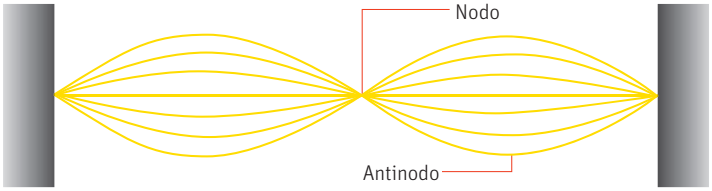


En una onda transversal, las partículas del medio vibran en dirección perpendicular a la dirección en que se propaga la onda.

Tercer criterio: extensión del medio

Ondas estacionarias

Una **onda estacionaria** corresponde a aquella cuyos pulsos quedan relegados a una determinada región del espacio. Esto sucede cuando la perturbación incidente de una onda se interfiere o superpone con aquella que es reflejada en la misma dirección, pero en sentido opuesto. Para que se forme una onda estacionaria, los pulsos que se interfieren deben poseer las mismas características.



Si una onda estacionaria se origina en una cuerda, se producen puntos en los que las ondas incidente y reflejada se anulan, llamados nodos. Por el contrario, las zonas donde la suma de las ondas incidente y reflejada es máxima se denominan antinodos.

Ondas viajeras

¿Por qué podemos oír la música proveniente de una casa vecina? Esto se debe a que las ondas sonoras, que transportan energía, viajan desde una fuente (un equipo de música, por ejemplo) hasta nuestros oídos. De manera similar, podemos percibir la luz proveniente del Sol, una fuente situada a millones de kilómetros de nuestro planeta.

A las ondas que se propagan desde una fuente y no vuelven a su lugar de origen se les denomina **ondas viajeras** o **progresivas**. Estas pueden ser mecánicas o electromagnéticas, longitudinales o transversales. A medida que una onda viajera se aleja de su fuente, esta pierde energía, tal como un sismo se hace más débil a medida que la onda sísmica se aleja de su fuente (hipocentro).

Cuarto criterio: periodicidad de la onda

Ondas periódicas

Si imaginamos que una gota cae exactamente cada un segundo sobre un estanque con agua, entonces la onda resultante será una **onda periódica**. Esta corresponde a un tipo de onda en la que entre un pulso y otro hay un valor constante de tiempo o igual **período**. A las ondas periódicas también se les denomina **ondas armónicas**.

Ondas no periódicas

Cuando los pulsos de una onda se generan en intervalos irregulares de tiempo, se dice que dicha onda es **no periódica**. Para efectos de estudio y análisis, este tipo de onda resulta muy difícil de modelar, ya que su descripción matemática es muy compleja.

Sobre la membrana de un tambor o timbal, también se originan ondas estacionarias. En la imagen, las partículas de arena dispuestas sobre la membrana, se agrupan en las regiones nodales.

Científicas en la historia

Marie-Sophie Germain (1776-1831) fue una matemática, física y filósofa francesa, quien se educó de manera autodidacta. Intercambió ideas con importantes científicos y matemáticos de la época, como Lagrange y Gauss. En 1896 recibió el premio del Instituto de Francia por su modelación de las vibraciones producidas por **ondas estacionarias** en superficies elásticas.

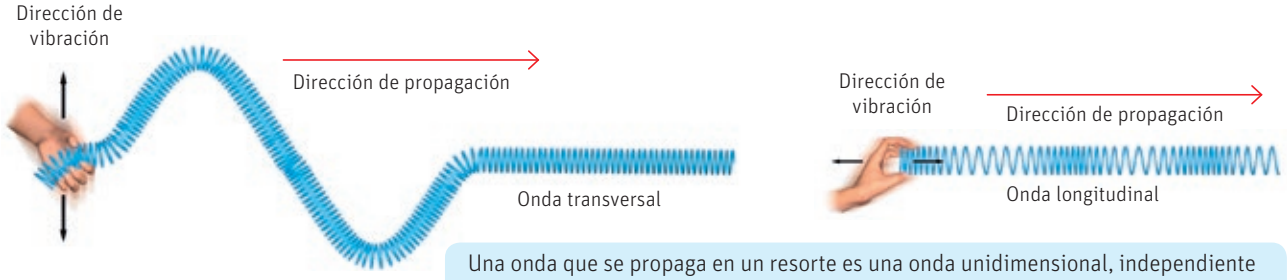
Importante

Un pulso corresponde a una sola perturbación que se propaga en un determinado medio. Una onda periódica, en cambio, es una serie de pulsos que se generan en intervalos regulares de tiempo y que se propagan en un medio determinado.

Quinto criterio: dirección de propagación

Ondas unidimensionales

Cuando una onda se propaga en una sola dirección y sus pulsos son planos y paralelos entre sí, entonces hablamos de una **onda unidimensional**. Son ejemplos de ondas unidimensionales una onda que se propaga en una cuerda o una que lo hace a través de un resorte.



Una onda que se propaga en un resorte es una onda unidimensional, independiente de si esta es transversal o longitudinal.

Ondas bidimensionales

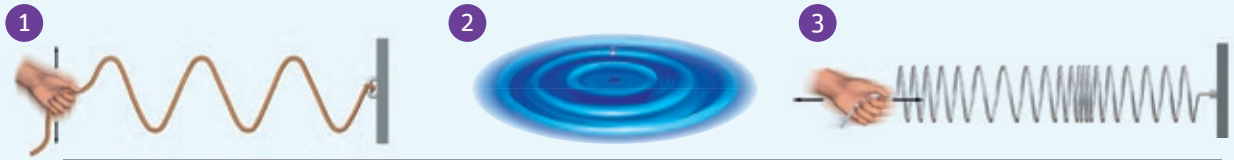
Una **onda bidimensional** es aquella que se propaga en las dos dimensiones de un plano. A este tipo de ondas también se les denomina superficiales. Un ejemplo típico de una onda superficial es una perturbación que se propaga en un estanque con agua.

Ondas tridimensionales

¿Por qué personas ubicadas en diferentes lugares pueden escuchar el sonido emitido por una misma fuente? Esto se debe a que el sonido se propaga en las tres dimensiones espaciales. Cuando una onda cumple dicha condición, hablamos de una **onda tridimensional**. La luz también es un ejemplo de onda tridimensional. Por esta razón es posible iluminar completamente una habitación utilizando una sola fuente luminosa.

Sintetiza y clasifica

Para integrar y sintetizar algunos de los conceptos estudiados en estas páginas, realicen la siguiente actividad. Observen las imágenes que representan algunos fenómenos ondulatorios. Luego, clasifíquenlos según los criterios definidos en la tabla inferior.



	Mecánica	Electromagnética	Transversal	Longitudinal	Unidimensional	Bidimensional
1						
2						
3						

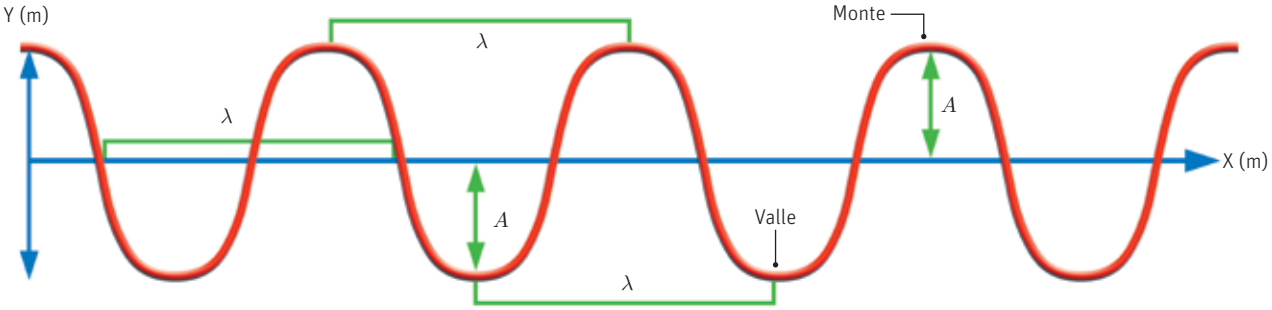
Representación y características de una onda

Al representar un determinado fenómeno físico, se deben considerar aquellos elementos que lo caracterizan y entregan información fundamental de este. Cuando se representa una onda, se asume que ella corresponde a una serie de pulsos continuos, es decir, que es progresiva. Además, se considera que entre dichos pulsos transcurre el mismo tiempo, es decir, es periódica.

En un movimiento periódico, un ciclo corresponde a una oscilación completa. Por ejemplo, en el caso de un péndulo, un ciclo representa el movimiento de ida y vuelta de la masa suspendida.

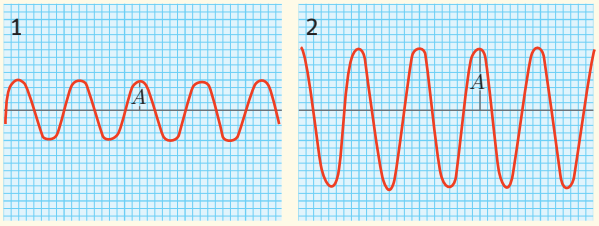
Elementos espaciales de una onda

Los **elementos espaciales de una onda** corresponden a aquellos que expresan la distancia entre dos puntos determinados de una onda. Por esta razón son medidos en metros (m). Son elementos espaciales de una onda, la **amplitud** (A) y la **longitud de onda** (λ). En el siguiente esquema, se representa gráficamente cada uno de ellos.



Amplitud (A)

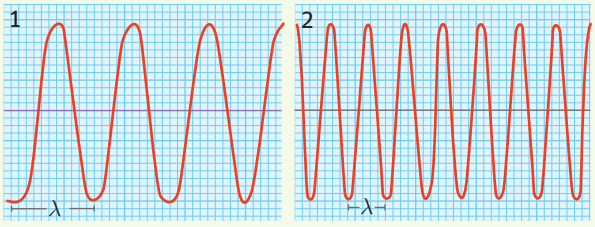
Corresponde al desplazamiento máximo que experimentan las partículas de un medio cuando oscilan en torno a una **posición de equilibrio**. Gráficamente, la amplitud corresponde a la distancia entre el eje horizontal (posición de equilibrio) y un monte o valle de la onda. Además, la amplitud es un indicador de cuánta energía es transportada por una onda. Es importante mencionar que la frecuencia también entrega información acerca de la energía que transporta una onda, por lo que, al momento de comparar dos ondas, debemos considerar sus amplitudes y frecuencias.



La amplitud de la onda 2 es mayor que la de la onda 1.

Longitud de onda (λ)

Es la distancia entre dos puntos consecutivos de una onda que se comportan de igual forma o poseen la misma fase. De esta manera, se puede considerar que la longitud de onda corresponde a la distancia entre dos valles o dos montes consecutivos. En una onda periódica, la longitud de onda corresponde a una distancia que se mantiene siempre constante. La longitud de onda se designa con la letra griega λ (lambda). En el Sistema Internacional de unidades (SI), la longitud de onda es medida en metros (m).



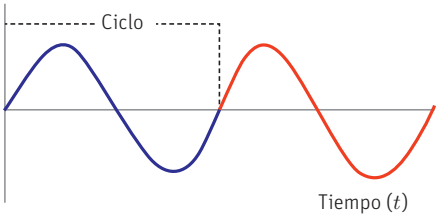
La onda 1 posee una mayor longitud de onda que la onda 2.

Elementos temporales de una onda

A partir de la representación gráfica de una onda, también es posible deducir magnitudes relacionadas con el tiempo. Estas son el **período** (T), la **frecuencia** (f) y la **rapidez de propagación de la onda** (v). A continuación, se explica en detalle cada una.

El período

El período corresponde al tiempo que transcurre entre dos pulsos consecutivos o al tiempo que tarda en producirse un ciclo completo (observa la imagen de la derecha). En un movimiento de vaivén, como el de un péndulo, el período corresponde al tiempo en que tarda este en realizar una oscilación completa, es decir, en ir y volver. El período se mide en segundos (s).



La frecuencia

La frecuencia representa el número de ciclos que se producen en una onda por unidad de tiempo. Matemáticamente, se expresa como:

$$f = \frac{\text{ciclos}}{\text{tiempo}}$$

En el SI la frecuencia se mide en hertz (Hz), donde

$$1\ \text{Hz} = 1/\text{s} = \text{s}^{-1}$$

La frecuencia y el período son magnitudes que están muy relacionadas, dado que si una aumenta, la otra disminuye, y viceversa. Es por esta razón que son inversamente proporcionales. Así, su relación se modela de la siguiente manera:

$$f = \frac{1}{T} \quad \text{o} \quad T = \frac{1}{f}$$

La rapidez de propagación

La rapidez es un concepto que indica la razón de cambio entre la distancia recorrida y el tiempo empleado en hacerlo. En el caso de una onda, si se considera un ciclo, la distancia recorrida es su longitud de onda (λ), mientras que el tiempo que tarda en hacerlo es el período (T). La rapidez de propagación de una onda se expresa de la siguiente manera:

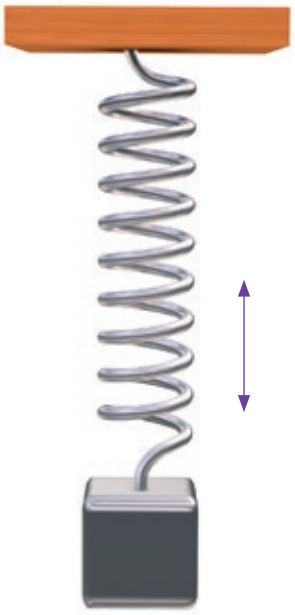
$$v = \frac{\lambda}{T}$$

Como λ se mide en metros (m) y T en segundos (s), la rapidez de la onda se mide en m/s. Si consideramos que la frecuencia es $f = 1/T$, entonces la expresión anterior se puede escribir de la siguiente forma:

$$v = \lambda \cdot \frac{1}{T}$$

$$v = \lambda \cdot f$$

La rapidez de una onda en un medio homegéneo es constante y no depende de la longitud de onda ni de la frecuencia. Si uno de estos factores cambia, el otro también lo hace, de modo que su producto permanece constante.



Cuando un resorte oscila verticalmente, su frecuencia corresponde al número de ciclos efectuados en un determinado tiempo, mientras que su período es el tiempo que tarda en realizar un solo ciclo.

Aprendiendo a aplicar modelos

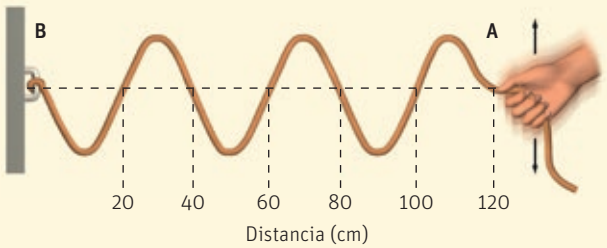
¿Cómo determinar los elementos temporales de una onda?

Situación problema

Habilidad
Usar relaciones matemáticas.

Actitud
Valorar la importancia de las expresiones matemáticas en la descripción de los fenómenos.

Macarena hace oscilar una cuerda, generando una serie de pulsos periódicos que se propagan en ella. El fenómeno ondulatorio se representa en la imagen inferior. Si la onda tarda exactamente 1,5 s en ir de A hasta B, ¿cuáles son la frecuencia, el período y la rapidez de propagación de la onda en cm/s?

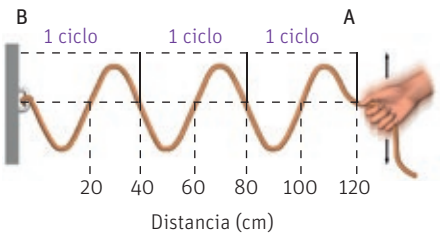


Paso 1 — Identifica las incógnitas

En el ejercicio debemos determinar los elementos temporales de una onda, es decir, la frecuencia (f), el período (T) y la rapidez de propagación (v). Dependiendo de los datos aportados por el problema, puede resultar más simple determinar en primer lugar el período, o bien, la frecuencia.

Paso 2 — Registra los datos

Para extraer los datos del problema debemos observar el gráfico. Entre A y B, la onda completa tres ciclos. Además, como la longitud de onda corresponde a la distancia entre dos puntos en igual fase, al escoger dos valles, por ejemplo, obtenemos que λ = 40 cm. Finalmente, sabemos que el tiempo en el que la onda recorre de A hasta B es de 1,5 s.



Paso 3 — Utiliza modelos

Como conocemos el número de ciclos y el tiempo en el que estos se producen, podemos calcular el valor de la frecuencia:

$$f = \frac{\text{ciclos}}{\text{tiempo}} = \frac{3}{1{,}5\ \text{s}}$$

$$f = 2\ \frac{1}{\text{s}} = 2\ \text{Hz}$$

Una vez conocida la frecuencia, podemos determinar el período mediante la siguiente relación:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{2\ \text{Hz}} = 0{,}5\ \text{s}$$

Finalmente, como conocemos la longitud de onda, podemos utilizar el período o la frecuencia para determinar la rapidez de propagación de la onda. Si utilizamos la frecuencia, el modelo matemático que debemos aplicar es:

$$v = \lambda \cdot f = (40\text{ cm}) \cdot (2\text{ Hz}) = 80\text{ cm/s}$$

Paso 4 Comunica los resultados

Los elementos temporales de la onda analizada en el problema son la frecuencia f = 2 Hz, el período T = 0,5 s y la rapidez de propagación de la onda v = 80 cm/s.

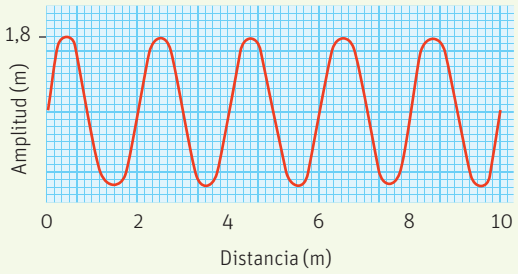
Desafío

Aplica

1. Cuando Sebastián hace oscilar un péndulo como el de la imagen, este realiza 30 ciclos en 9 s. ¿Cuál es el período y la frecuencia del péndulo?

Analiza

2. Andrea observa en un texto de ciencias la siguiente representación gráfica de una onda:

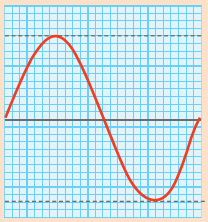


a. Si junto al gráfico se señala que la frecuencia de la onda es de 6 Hz, ¿qué procedimiento debería realizar Andrea para determinar el período y la rapidez de propagación de la onda? Descríbelo.

b. ¿Qué valores debería obtener Andrea para dichas magnitudes?

Evalúa

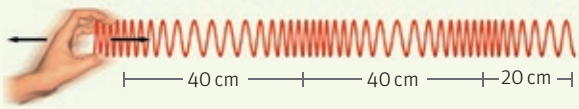
3. Natalia y Carlos leen y analizan el siguiente problema:

> El ciclo de la onda representada en el gráfico tarda 0,5 s en completarse.
>
> 
>
> ¿Cuál es la longitud de onda si la rapidez con la que se propaga es de 10 m/s?

Luego de resolverlo, Natalia determina que la longitud de onda es 5 m y Carlos que es 20 m. ¿Quién de ellos obtuvo la respuesta correcta? Justifica.

Analiza

4. Arturo genera una onda longitudinal con un resorte, como muestra la figura.



Si la perturbación demora 4 s en recorrer los 100 cm señalados, ¿Cuáles son la frecuencia, el período y la rapidez de la onda generada?

Aprendiendo a desarrollar procesos científicos

Las ondas y la materia

Objetivo
Descubrir algunos de los fenómenos que experimentan las ondas al interactuar con la materia.

¿Qué conceptos debo conocer para desarrollar el taller?

Habilidades
Planificar y conducir una investigación experimental.

Actitud
Trabajar colaborativamente.

Tiempo
60 minutos.

Observación

Seguramente habrán notado que al hablar dentro de una sala con muros muy altos, el sonido de nuestra voz da lugar a un fenómeno conocido como eco. También, cuando iluminamos ciertas superficies, se puede apreciar que la luz se refleja de mejor manera en algunas de ellas. Estos y otros fenómenos suceden cuando las ondas, como el sonido o la luz, interactúan con la materia.

Reúnanse en grupos de cuatro o cinco integrantes y realicen el siguiente procedimiento.

Planteamiento del problema e hipótesis

A partir de la información anterior, piensen qué otros fenómenos se producen cuando una onda se encuentra con un obstáculo o cambia de medio de propagación. ¿Qué características de una onda se modifican en estos casos? Para guiar el presente taller, les proponemos el siguiente problema de investigación: ¿qué fenómenos experimenta una onda que se propaga por la superficie del agua cuando se encuentra con un obstáculo? Respecto de esta pregunta planteen una hipótesis. Recuerden que, como existen diversas situaciones en las que una onda puede interactuar con la materia, sus hipótesis pueden ser diversas.

Diseño experimental

1. Reúnan los siguientes materiales: una cubeta rectangular de vidrio, una lámpara, tres bloques de madera (de dimensiones similares a las mostradas en la imagen), una cartulina blanca, un trozo de madera de 20 cm x 20 cm y algunos libros para utilizarlos como soporte.

2. Agreguen agua al interior de la cubeta y, con el resto de los materiales, realicen el montaje representado en la imagen. Luego, enciendan la lámpara y con un dedo perturben el agua en pulsos constantes. Observen la imagen que se genera en la cartulina.

3. Ubiquen dentro de la cubeta uno de los obstáculos de madera. Luego, golpeen con el trozo de madera uno de los bordes de la cubeta. Sitúen el obstáculo de forma diagonal y repitan el procedimiento.

4. Sitúen dentro de la cubeta dos de los obstáculos separados por 1 cm (como en la fotografía). Utilizando el trozo de madera, golpeen uno de los bordes de la cubeta y observen. En cada uno de los pasos anteriores, pueden modificar el nivel de agua o la altura de la lámpara, para visualizar de mejor manera las imágenes de las ondas.

Resultados

Para los procedimientos efectuados, realicen un diagrama que muestre cómo se propagó y reflejó el frente de ondas en cada caso.

Análisis e interpretación de resultados

a. ¿De qué manera se propagaron y reflejaron los frentes de ondas cuando se perturbó el agua con un dedo? Describan.
b. ¿Qué características tuvo el frente de ondas al golpear el borde de la cubeta con el trozo de madera?, ¿se conservaron dichas características cuando se reflejó en el obstáculo? Expliquen.
c. ¿Qué ocurrió cuando el obstáculo se puso de forma diagonal? Describan.
d. ¿Qué sucedió con el frente de ondas al atravesar la abertura dejada por los dos obstáculos?, ¿cómo explicarían dicho fenómeno?

Conclusiones y evaluación

a. ¿Qué ocurre con el sentido y/o dirección en la que se propaga una onda cuando se encuentra con un obstáculo?
b. Los fenómenos observados en la propagación y reflexión de las ondas en el agua, ¿serán análogos a lo que sucede con el sonido y la luz cuando se encuentran con diferentes obstáculos? Expliquen.
c. ¿Qué aspecto(s) del diseño experimental piensan que se puede(n) mejorar?
d. ¿Cómo evaluarían el desempeño de su grupo de trabajo?, ¿qué aspectos piensan que deberían mejorar?

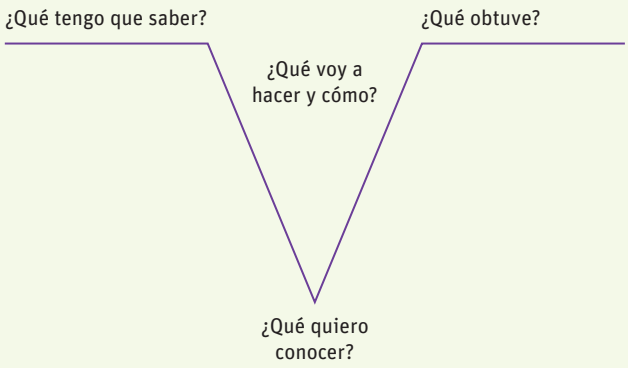
Comunicación de resultados

Elaboren un informe en el que respondan las siguientes preguntas: ¿cuál fue el problema de investigación?, ¿qué hipótesis propusimos?, ¿en qué consistió el diseño experimental?, ¿cuáles fueron nuestras conclusiones?

Desafío

Crea

Propongan un diseño experimental que les permita indagar acerca de lo que sucede cuando la luz se encuentra con diferentes obstáculos. Para ello, reúnan una serie de superficies que les permitan reflejarla de diferentes maneras. Investiguen de qué tamaño debe ser una abertura (o rendija) para que la luz experimente un fenómeno similar al visto con el agua. Para planificar su investigación, utilicen el diagrama de la V de Gowin que se explica en los anexos del texto (página 230), y cuyo esquema representativo se muestra a la derecha.



Propiedades de las ondas

Como se pudo observar en el *Taller de ciencias* de la página anterior, cuando las ondas interactúan con determinados obstáculos, algunas de sus características, como la dirección o la rapidez, se modifican. A continuación, analizaremos cómo dichos cambios obedecen a determinadas leyes y principios físicos.

CONECTANDO CON...

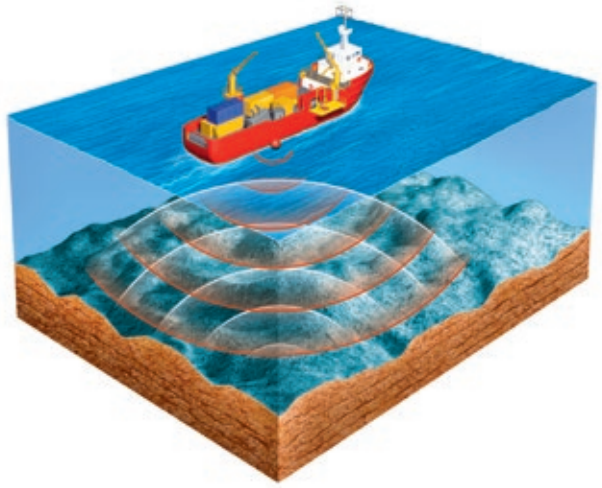
Las TIC

Ingresa el código TF1P028 en la página web de tu texto. Ahí encontrarás una animación interactiva, que permite observar cómo se refleja una onda transversal y una onda longitudinal.

Reflexión de las ondas

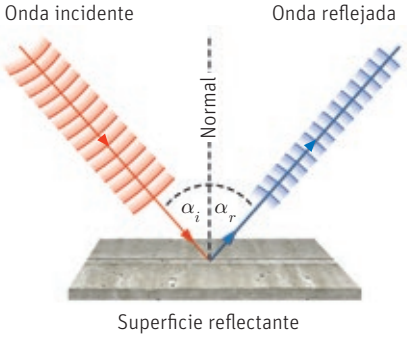
Cuando una onda incide en el límite de separación de dos medios diferentes, parte de ella es redireccionada hacia el medio por el cual se propagaba originalmente. A este fenómeno se le conoce como **reflexión** y se representa en las siguientes imágenes:

Reflexión de una onda luminosa en un espejo.



Reflexión de una onda sonora emitida por el sonar de un barco.

Para estudiar el fenómeno de reflexión, se debe definir una línea imaginaria denominada normal (N), que es perpendicular a la superficie de separación entre ambos medios y se encuentra en el mismo plano que el frente de ondas incidente (observa el esquema de la derecha). Si imaginamos que dicho frente incide sobre la superficie en un ángulo α_i respecto de la normal, entonces el frente de onda reflejado formará un ángulo α_r respecto de la línea normal.



La reflexión de las ondas tiene dos importantes propiedades:

- La onda incidente, la onda reflejada y la normal están en un mismo plano.
- El ángulo de incidencia (α_i) y el ángulo de reflexión (α_r) son de igual medida.

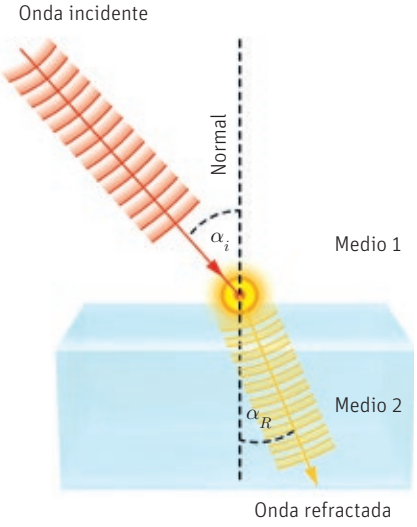
Representa y predice

Para tres frentes de ondas que inciden sobre una superficie en ángulos de 15°, 45° y 70° (respecto de la normal), dibuja los correspondientes frentes de onda reflejados. ¿Qué sucederá con un frente de ondas reflejado si el ángulo de incidencia respecto de la normal es 0°?

Refracción de las ondas

Cuando una onda viajera, como la luz, el sonido o una onda sísmica, pasa de un medio a otro con densidad diferente, experimenta un cambio en su velocidad de propagación y, por consiguiente, en su dirección (siempre que el ángulo de incidencia sea distinto de 0°). Este fenómeno es conocido como **refracción**.

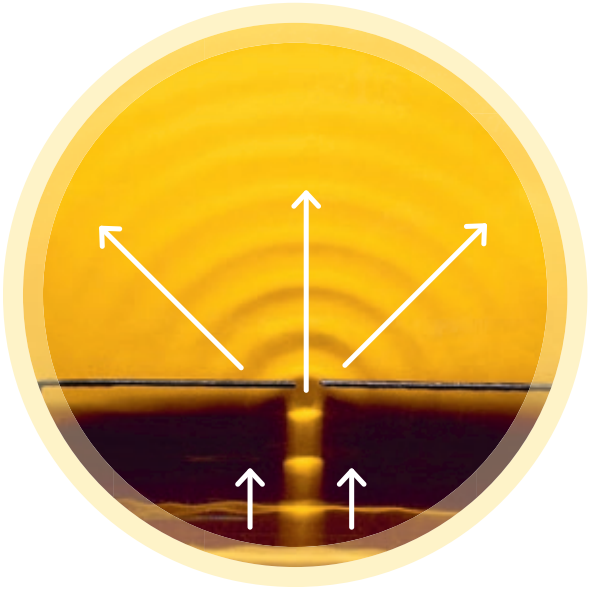
Si la onda incide en un ángulo α_i sobre una interfaz (superficie que separa dos medios de diferente densidad), entonces experimenta un cambio en su dirección (observa el esquema de la derecha). La variación en la dirección de la onda es representada por el ángulo de refracción α_R, el que se mide respecto de la normal (N). Es importante mencionar que, durante la refracción, la frecuencia de la onda se mantiene constante; así, para que su velocidad varíe, debe cambiar su longitud de onda (recuerda que $v = \lambda \cdot f$).



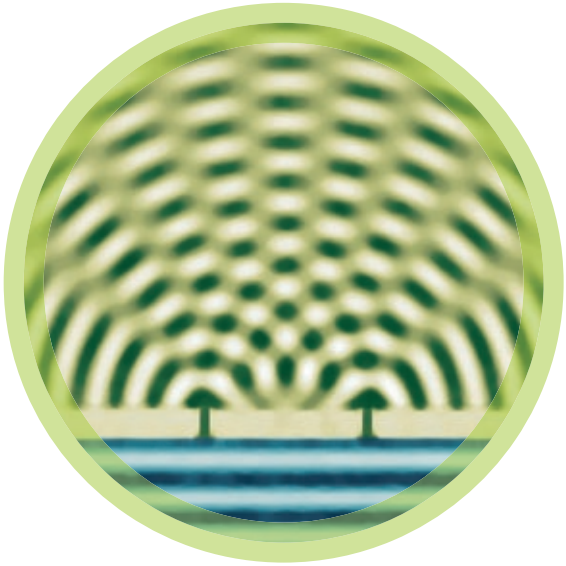
Al dejar una cuchara dentro de un vaso que contiene agua, su imagen parece "quebrarse", debido a que la luz experimenta el fenómeno de refracción.

Difracción de una onda

¿Te has preguntado por qué, al dejar entreabierta una puerta o una ventana, el sonido proveniente desde el exterior se puede escuchar en cualquier lugar de la habitación? Esto sucede por una importante propiedad de las ondas, la **difracción**. Generalmente, cuando una onda atraviesa una abertura cuyo tamaño es aproximadamente similar a la longitud de la onda, en dicha abertura se produce un nuevo foco emisor, a partir del cual la onda se propaga en múltiples direcciones.



Cuando un frente de ondas, propagado en una sola dirección, atraviesa una abertura, en esta última se producirá un nuevo foco emisor. Este fenómeno se denomina difracción.



Si un frente de ondas atraviesa dos aberturas se producirán dos focos emisores de ondas, las que en algunos puntos se sumarán y en otros se anularán, generándose un patrón denominado **patrón de interferencia**.

Sintetiza

En esta lección has estudiado qué son las ondas, cómo se clasifican y cuáles son sus principales propiedades. Con las nociones y conceptos esenciales de la lección, elabora un mapa conceptual que muestre cómo estos se relacionan e integran entre sí.

INTEGRA tus nuevos aprendizajes

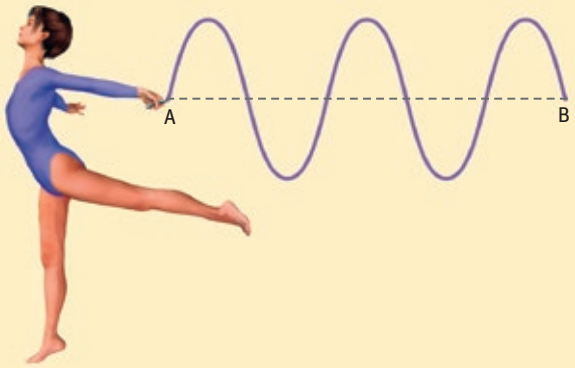
Para que sepas cómo va tu proceso de aprendizaje, te invitamos a realizar las siguientes actividades.

Aprendiendo a responder

Analiza la siguiente pregunta modelada.

Una gimnasta agita una cinta con una frecuencia constante. Producto de aquello, se generan una serie de pulsos de igual amplitud en la cinta, los que se encuentran igualmente espaciados, tal como se representa en la imagen.

Si la onda generada en la cinta tarda 0,5 segundos en ir de A hasta B, ¿cuál es su frecuencia y período?



Para abordar el problema, es importante identificar qué variables debemos determinar. En este caso, son la frecuencia y el período de la onda. Además, debemos registrar aquella información relevante, como el tiempo que la onda tarda en ir de A hasta B (0,5 s) y el hecho de que esta es periódica y de longitud de onda constante. Como entre los puntos A y B de la cinta se producen 2,5 oscilaciones, la frecuencia de la onda es:

$$f = \frac{2{,}5}{0{,}5\ \text{s}} = 5\ \text{Hz}$$

Dado que el período es inversamente proporcional a la frecuencia, se tiene que:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{5\ \text{Hz}} = 0{,}2\ \text{s}$$

Ahora tú

Aplica

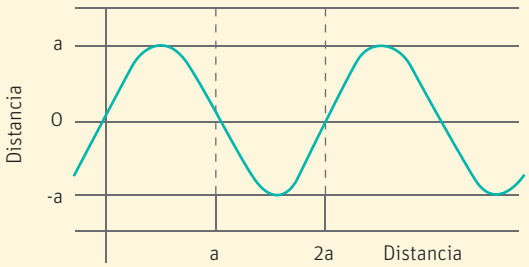
1. Loreto hace oscilar una cuerda, generando en ella una serie de pulsos periódicos y separados por la misma distancia.

a. Si la onda tarda 2 s en ir de A a B, ¿cuál es el período y frecuencia de la onda que se propaga por la cuerda?

b. ¿Cómo se clasifica la onda generada por Loreto en la cuerda?

Analiza

2. Cuando Matías analiza el gráfico de una onda, se da cuenta de que en los dos ejes se consignan elementos espaciales (distancia).

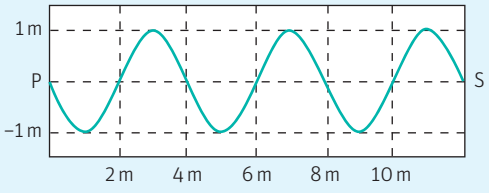


Respecto del gráfico analizado por Matías, ¿cómo es la longitud de la onda en relación con la amplitud?

Evalúa

3. En un libro de ciencias, Francisca encuentra el siguiente problema:

> Si la onda representada en la imagen demora 6 s en ir de P hasta S, ¿cuál es su rapidez?



Cuando Francisca lo resuelve, realiza el siguiente procedimiento:

$$f = \frac{ciclos}{Tiempo} = \frac{3}{6s} = 0{,}5\,Hz$$

$$v = \lambda \cdot f = 6\,m \cdot 0{,}5\,Hz = 3\,m/s$$

¿Fue correcto el procedimiento seguido por Francisca? De no ser así, ¿en qué se pudo haber equivocado? Explica.

Evalúa

4. Leonor le presenta a su amigo Diego los siguientes fenómenos ondulatorios:

I. Una onda que se propaga sobre la superficie del agua.

II. Una onda sísmica que se propaga desde el hipocentro.

III. Una serie de pulsos que se propagan en una cuerda.

Luego, Diego clasifica dichas ondas según los criterios señalados en la tabla.

Criterio / Fenómeno	Medio de propagación	Dirección de propagación	Extensión del medio
I	Mecánica	Bidimensional	Viajera
II	Electromagnética	Tridimensional	Estacionaria
III	Mecánica	Bidimensional	Viajera

¿Fue correcta la clasificación realizada por Diego? De no ser así, señala en qué se equivocó y por qué.

¿Cómo vas?

Revisa tus respuestas en el solucionario y según los resultados que hayas obtenido, marca con ✓ el nivel de desempeño correspondiente. Pídele ayuda a tu profesor o profesora.

Indicador	Ítems	Habilidades	Nivel de desempeño
Determiné las diferentes magnitudes asociadas a las ondas.	1a, 2 y 3	Aplicar, analizar y evaluar.	**L**: tres ítems correctos. ☐ **ML**: dos ítems correctos. ☐ **PL**: uno o ningún ítem correcto. ☐
Clasifiqué los diferentes tipos de ondas.	1b y 4	Aplicar y evaluar.	**L**: dos ítems correctos. ☐ **ML**: un ítem correcto. ☐ **PL**: ningún ítem correcto. ☐
L = Logrado; **ML** = Medianamente logrado; **PL** = Por lograr			

- Hasta el momento, ¿qué te ha resultado más difícil?
- ¿Qué habilidad(es) es (son) la(s) que menos te ha costado desarrollar?
- ¿Crees que estás cumpliendo las metas que te propusiste al inicio de la unidad? De no ser así, reformula tu plan de trabajo.
- ¿Qué actitudes trabajadas en las actividades de la lección debes mejorar?

LECCIÓN 2

EL SONIDO

¿Crees que es importante conocer acerca de los fenómenos físicos asociados al sonido? Los estímulos sonoros son parte de nuestra vida cotidiana, por lo que saber de sus cualidades y propiedades ondulatorias nos ayuda a conocer y redescubrir el mundo que nos rodea.

Objetivo
Reconocer y registrar aprendizajes previos.

Habilidades
Analizar resultados.

Actitud
Presentar disposición a los nuevos desafíos.

Tiempo
20 minutos.

Imagen 1

Imagen 2

Me preparo para aprender

Es importante que reconozcas aquello que sabes o piensas en relación a las temáticas que se desarrollarán en esta lección, dado que tus concepciones previas son el cimiento sobre el que se construirán los nuevos aprendizajes.

Amanda e Ismael buscaron en internet algunos sistemas para comunicarse a distancia. Después de revisar diversos dispositivos, decidieron construir el que se detalla a continuación: perforaron la base de dos vasos de plástico e hicieron pasar un hilo a través de los orificios. Luego, amarraron los extremos del hilo a dos trozos de mondadientes o palitos de fósforos (observa la imagen 1). Finalmente, cada uno tomó uno de los vasos y estiró el hilo hasta que quedó bien tenso. Mientras Ismael habló hacia uno de los vasos (imagen 2), Amanda puso el otro cerca de su oído y pudo escuchar con claridad la voz de Ismael.

a. ¿Qué conceptos estudiados en la lección anterior, te permiten comprender y explicar la experiencia realizada por Amanda e Ismael? Escríbelos.

b. ¿Qué habilidades piensas que son necesarias para desarrollar actividades, como la descrita anteriormente?

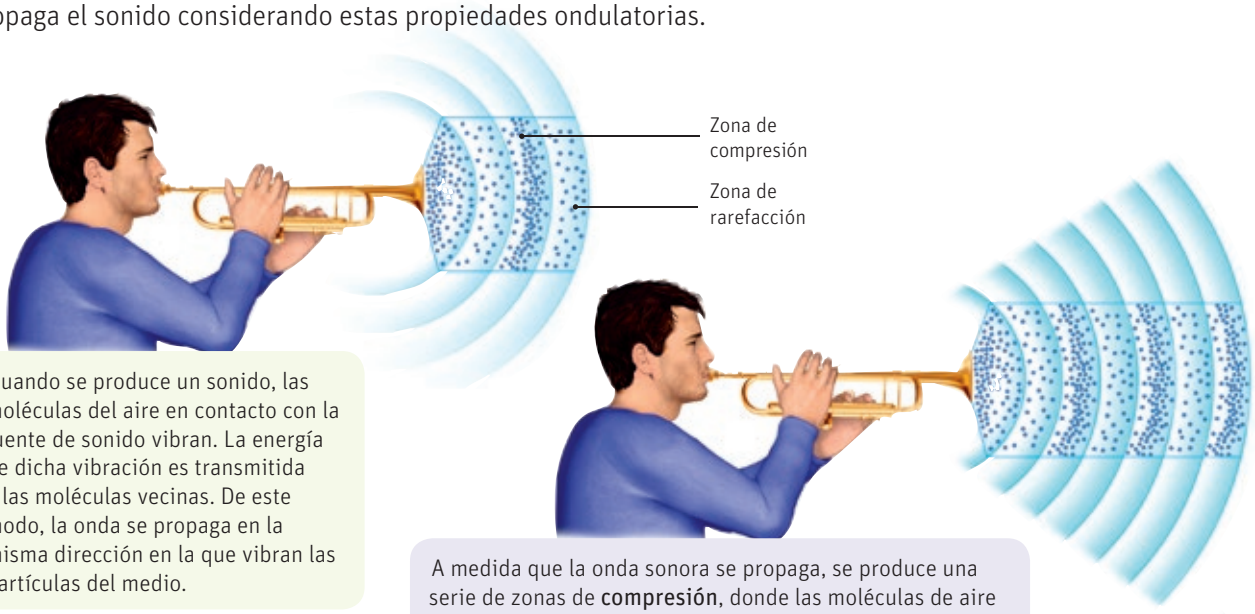
c. ¿Qué actitud crees que es fundamental al momento de integrar nuevos aprendizajes?

¿Cómo se origina y propaga el sonido?

La alarma del despertador, el tono de un teléfono o la voz de alguna persona son estímulos sonoros que podemos percibir a diario. Ahora bien, ¿cómo se origina y propaga el sonido? Desde un punto de vista físico, el sonido comparte todas las propiedades de los movimientos ondulatorios, por lo que su estudio se realiza a partir de los conceptos de las ondas. En esta lección, analizaremos en detalle las características propias del sonido.

Para que un cuerpo u objeto emita sonido, debe producirse en él algún tipo de vibración que se propague en un medio elástico, como el aire o el agua. En la actividad anterior, la vibración se originó inicialmente en las cuerdas vocales y luego fue transmitida al vaso y a la cuerda.

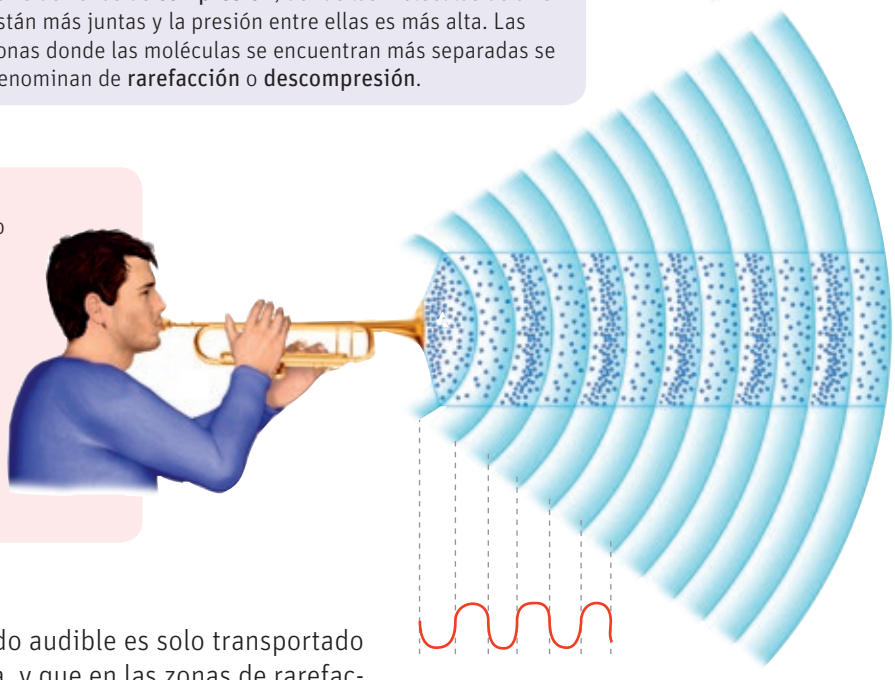
Las ondas sonoras se propagan en todas direcciones, de modo que su frente de ondas es esférico. Es por esta razón que podemos escuchar el sonido de un autobús, por ejemplo, desde múltiples lugares. El sonido es una onda **mecánica**, ya que requiere un medio material para su propagación y, además, es una onda **longitudinal**, es decir, viaja en la misma dirección en la que vibran las partículas del medio. A continuación, se explica cómo se propaga el sonido considerando estas propiedades ondulatorias.



Cuando se produce un sonido, las moléculas del aire en contacto con la fuente de sonido vibran. La energía de dicha vibración es transmitida a las moléculas vecinas. De este modo, la onda se propaga en la misma dirección en la que vibran las partículas del medio.

A medida que la onda sonora se propaga, se produce una serie de zonas de **compresión**, donde las moléculas de aire están más juntas y la presión entre ellas es más alta. Las zonas donde las moléculas se encuentran más separadas se denominan de **rarefacción** o **descompresión**.

Los diferentes frentes de presiones avanzan a medida que las moléculas del aire siguen siendo perturbadas. Por esta razón, el sonido es considerado una onda de presión, al igual que una onda que se propaga longitudinalmente en un resorte. A medida que se aleja de la fuente, una onda de sonido disipa paulatinamente su energía al ambiente. Las variaciones de presión de una onda sonora pueden ser representadas mediante un gráfico, donde las compresiones corresponden a los montes, y los valles a las rarefacciones.



Si se representa una onda sonora, los valles de la onda corresponderán a las zonas de rarefacción y los montes a las de compresión.

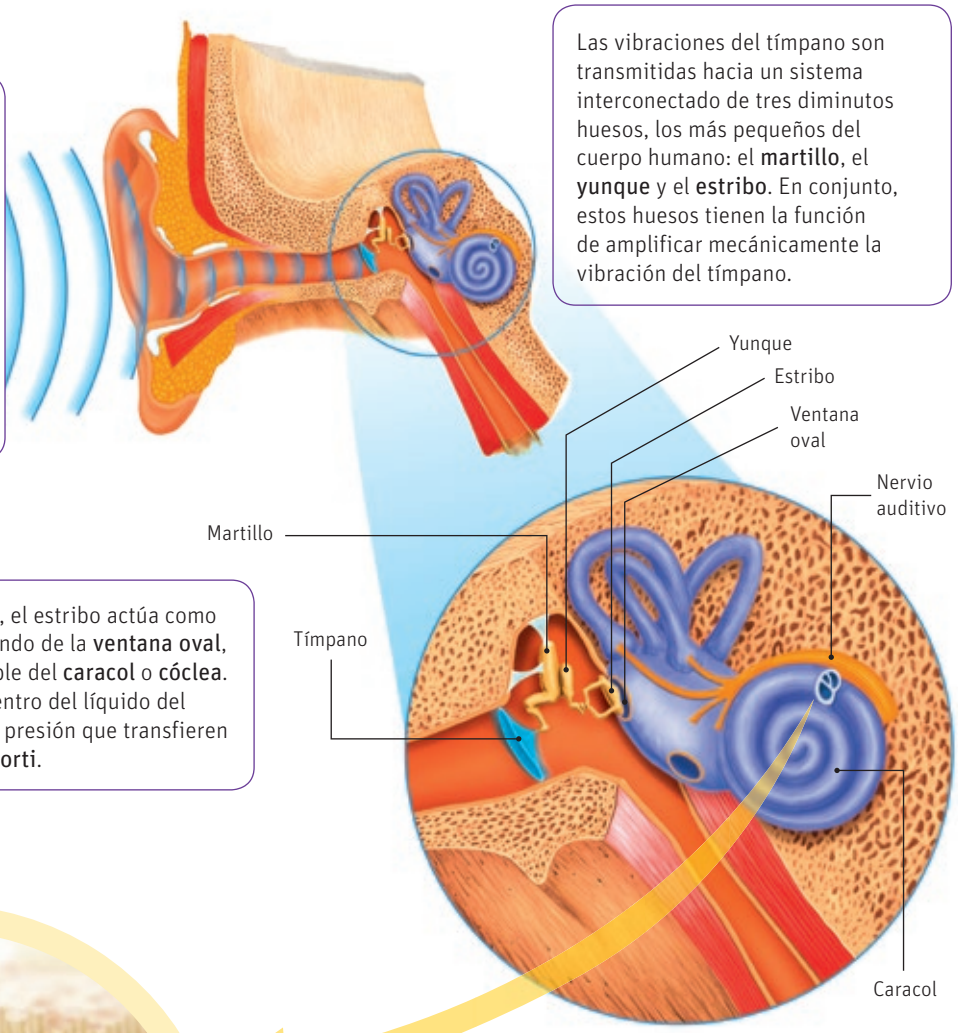
Puede inducir a error pensar que el sonido audible es solo transportado por las zonas de compresión de una onda, y que en las zonas de rarefacción no se percibirá sonido alguno. Es importante aclarar que el sonido corresponde a la fluctuación continua entre máximos y mínimos de una onda y que es el conjunto de ellos lo que percibimos como sonido.

¿Cómo percibimos el sonido?

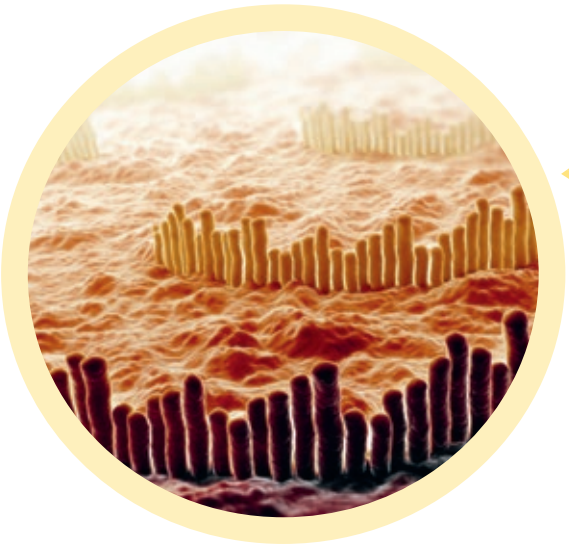
El ser humano puede percibir las ondas sonoras gracias a un órgano especializado para ello, el **oído**. Los oídos transforman una onda mecánica (señal acústica) en una señal eléctrica (impulsos nerviosos). Es por esto que el oído es considerado un **transductor mecano-eléctrico**. El oído se divide en **oído externo**, **oído medio** y **oído interno**. A continuación, analizaremos cómo viaja una onda sonora a través de estas tres partes.

Cuando una onda sonora llega al oído externo es captada por el **pabellón auricular**, cuya forma permite concentrar y dirigir el sonido hacia el **canal auditivo**, el que termina en una membrana elástica llamada **tímpano**. Este separa al oído externo del oído medio y que vibra por las diferencias de presión asociadas a la onda sonora.

Las vibraciones del tímpano son transmitidas hacia un sistema interconectado de tres diminutos huesos, los más pequeños del cuerpo humano: el **martillo**, el **yunque** y el **estribo**. En conjunto, estos huesos tienen la función de amplificar mecánicamente la vibración del tímpano.

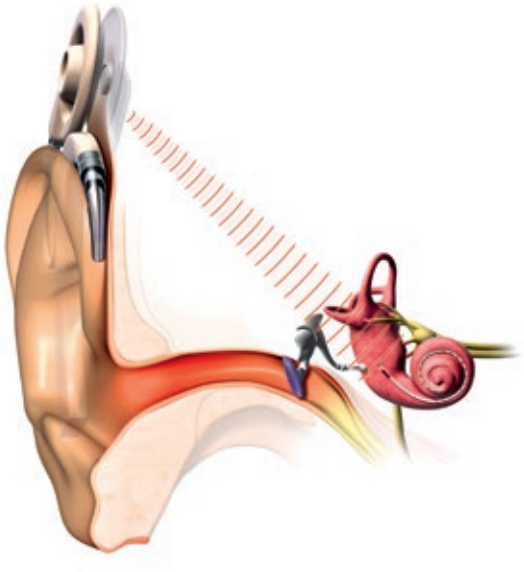


En el inicio del oído interno, el estribo actúa como un pistón, empujando y tirando de la **ventana oval**, que es una membrana flexible del **caracol** o **cóclea**. Estos movimientos crean dentro del líquido del caracol (perilinfa) ondas de presión que transfieren su vibración al **órgano de Corti**.



La vibración del órgano de Corti produce que las **células ciliadas** que se encuentran en la membrana de dicho órgano también vibren y, con ello, emitan **impulsos nerviosos** (señales eléctricas) que viajan a través del **nervio auditivo** hasta el cerebro, donde la señal es interpretada como un sonido.

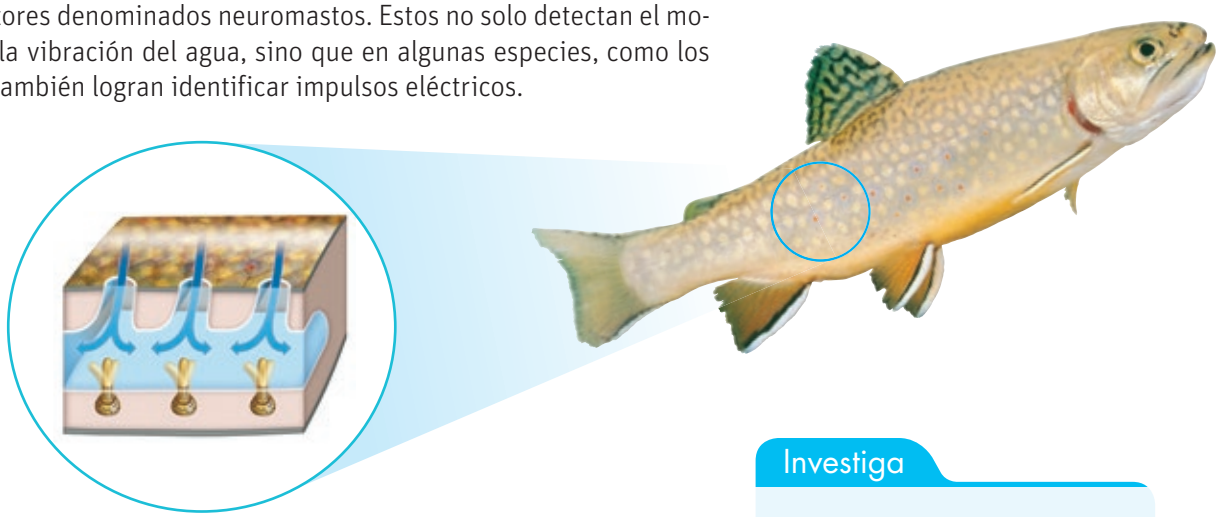
Tecnologías correctivas de la audición



Muchas de las disfunciones auditivas se relacionan con daños al interior de la cóclea, en particular, de las células ciliadas. Antiguamente, las sorderas asociadas a daños en el oído interno se encontraban fuera del alcance de la medicina. Sin embargo, hoy en día es cada vez más usual utilizar un dispositivo que permite corregir este tipo de sorderas: el **implante coclear**. Este sistema electrónico funciona de manera distinta a un audífono, que amplifica el sonido. El implante coclear se instala de manera quirúrgica en el cráneo y está conformado por un micrófono que recoge las señales auditivas del entorno, un microprocesador y un electrodo que estimula el nervio auditivo enviándole señales eléctricas. Para que este dispositivo resulte efectivo, debe ser implantado a edades tempranas, dado que el desarrollo de la audición es un proceso cognitivo asociado al aprendizaje.

Otras formas de percibir el sonido

En la naturaleza, no todos los animales poseen un sistema de detección de ondas sonoras similar al de los seres humanos. Por ejemplo, los peces poseen un órgano sensorial llamado línea lateral, que detecta ligeras vibraciones y corrientes de agua. Esta consiste en unos canales que discurren bajo la piel, a ambos lados del cuerpo, y en cuyo interior se encuentran unos receptores denominados neuromastos. Estos no solo detectan el movimiento y la vibración del agua, sino que en algunas especies, como los tiburones, también logran identificar impulsos eléctricos.



Ciertos insectos, como los grillos, tienen unas pequeñas cavidades situadas en las patas anteriores que están cerradas por una fina membrana que hace de tímpano. Por su parte, las cucarachas captan el sonido con unas finas vellosidades que recubren su cuerpo.

Investiga y comunica

Reúnanse en grupos de cuatro o cinco integrantes e investiguen, en diferentes fuentes bibliográficas e internet, acerca de las diferentes formas con las que algunas especies animales captan las ondas sonoras. Para comunicar los resultados de su investigación al resto de su curso, preparen una presentación en PowerPoint.

Investiga

Investiga acerca de algunas afecciones auditivas. Luego, clasifícalas según criterios como estructuras dañadas, origen de la deficiencia auditiva y tipo de deficiencia auditiva.

El espectro de la audición

Si bien existen diferencias entre la capacidad auditiva de los seres humanos, se estima que una persona joven y cuya audición se encuentra en perfectas condiciones puede detectar sonidos entre los 20 Hz y 20 000 Hz (20 kHz). Para estimar cuál es su rango de audición, realicen la siguiente actividad.

Actividad

Objetivo
Conocer y comparar su rango auditivo respecto al de una persona cuya audición se encuentra en perfectas condiciones.

¿Qué conceptos necesito saber para realizar la actividad?

Habilidades
Explicar mediante el uso de TIC.

Actitud
Valorar el autocuidado y tomar conciencia de las medidas de seguridad.

Tiempo
20 minutos.

¿Cuál es mi rango de audición?

Reúnanse en grupos de tres o cuatro integrantes. Necesitarán unos audífonos cerrados y un celular o computador con acceso a internet. Luego, desarrollen el siguiente procedimiento:

1. Descarguen un programa generador de frecuencias de libre uso. Actívenlo y determinen cuál es la menor y mayor frecuencia que pueden escuchar. Deben tener precaución de realizar la actividad a un nivel de volumen sonoro que no les produzca molestias.
2. Cada integrante debe determinar cuál es su rango auditivo (superior e inferior). Registren los valores de las frecuencias obtenidas en una tabla y determinen el valor medio para su grupo. Compárenlo con el valor obtenido por otros grupos.
   a. ¿Cuál fue el valor medio obtenido por su grupo y por su curso?
   b. ¿Existen diferencias significativas respecto del rango de una persona cuya audición se encuentra en perfectas condiciones? De ser así, ¿cómo explicarían dichas diferencias?
   c. ¿Por qué las personas, a medida que envejecen, van perdiendo la capacidad de escuchar sonidos más agudos? Planteen una posible explicación.
   d. ¿Qué medidas de autocuidado deben adoptar para proteger su audición? Debatan.

Seguramente, en la actividad anterior pudieron establecer un valor medio para el rango superior de audición de los integrantes del curso. A los sonidos que se encuentran por sobre este valor se les denomina **ultrasonidos** (ultra = sobre), usualmente a partir de los 20 kHz. Este rango de ondas de alta frecuencia es inaudible para los seres humanos. Sin embargo, es emitido y percibido por muchos seres vivos. Por ejemplo, los perros pueden escuchar sonidos cuya frecuencia llega a los 40 000 Hz, los murciélagos emiten y captan ondas ultrasónicas de hasta 86 kHz y la polillas pueden captar ultrasonidos de hasta 175 kHz.

Algunos cetáceos, como los delfines, emiten ondas ultrasónicas para capturar a sus presas. Cuando una onda de ultrasonido es reflejada en una posible presa, regresa a ellos y se convierte en una "imagen". Este sistema es conocido como **ecolocalización** y también es utilizado por algunos tipos de murciélagos.

A los sonidos que se encuentran por debajo de los 20 Hz se les denomina **infrasonidos** (infra = bajo). Sus longitudes de onda van desde los 17 m hasta aproximadamente los 30 km. Este tipo de onda sonora se caracteriza por experimentar una baja atenuación atmosférica, por lo que recorre grandes distancias sin disminuir considerablemente su amplitud.

Los infrasonidos están asociados a muchas catástrofes naturales, como los sismos o erupciones volcánicas, dado que en esos eventos las rupturas del subsuelo generan ondas de baja frecuencia. ¿Te has preguntado por qué algunas veces despertamos en la noche antes de que se produzca un sismo? Esto sucede ya que percibimos las ondas infrasónicas antes de poder detectar el movimiento.

En la naturaleza, muchos animales emiten y captan infrasonidos. Por ejemplo, los elefantes pueden comunicarse utilizando este tipo de ondas. La clave de esto es la separación entre sus oídos, dado que es directamente proporcional a la frecuencia de onda que pueden oír (a diferencia de los animales de cabeza pequeña). La siguiente tabla muestra los rangos auditivos de algunas especies animales.

Rangos auditivos de algunas especies animales	
Especie	**Rango**
Perro	50 Hz – 46 kHz
Gato	30 Hz – 50 kHz
Ratón	1000 Hz – 100 kHz
Murciélago	3000 Hz – 120 kHz
Tortuga	20 Hz – 1000 Hz

Fuente: Archivo editorial.

En la tabla se muestran los rangos auditivos de distintas especies. ¿Cuál de ellas posee el rango auditivo más amplio?, ¿cuál es el rango auditivo más reducido?

CIENCIA en CHILE

Detección de infrasonidos en Chile

En los procesos geológicos asociados al vulcanismo, se generan ondas de infrasonido. Por esta razón, el Servicio Nacional de Geología y Minería (Sernageomin) ha dispuesto detectores infrasónicos en la localidad de Caviahue, en Argentina, con el fin de monitorear la actividad volcánica de Chile. ¿Qué importancia le asignas a la instalación de este tipo de estaciones de monitoreo? Explica.

Fuente: Emol.com

Ciencia, tecnología y sociedad

Detectando infrasonidos desde el espacio

Desde su puesta en órbita el año 2009, el satélite GOCE (Gravity field and steady-state Ocean Circulation Explorer) de la Agencia Espacial Europea (ESA) ha cartografiado el campo gravitacional terrestre con una precisión sin precedentes. Sin embargo, el terremoto ocurrido en Japón, el 11 de marzo del año 2011, permitió descubrir nuevas aplicaciones para los instrumentos de medición del satélite, ya que para dicho evento sísmico, este detectó pequeñas variaciones en la atmósfera terrestre. Pero ¿cómo se explica aquello?

Los sismos son eventos que generan ondas que hacen que la superficie del planeta vibre (como la membrana de un tambor). Esto produce ondas de infrasonido en la atmósfera terrestre, que viajan en dirección al espacio, alcanzando altitudes de entre 200 a 300 kilómetros. Para el devastador terremoto de Japón, el GOCE detectó ondas de infrasonido que produjeron movimientos verticales en la atmósfera.

Representación del satélite GOCE.

Este descubrimiento resultó especialmente emocionante para los sismólogos, dado que no contaban con instrumentos que les permitieran medir sismos desde el espacio. Se espera que para eventos sísmicos futuros, el satélite GOCE aporte valiosa información que ayude a comprender este tipo de fenómenos.

Fuente: ESA

Las características del sonido

Cuando hablamos de las características del sonido, nos referimos a las cualidades que podemos distinguir de él, mediante nuestro sentido de la audición.

Intensidad de un sonido

Oír el sonido de un bus frenando, por ejemplo, puede resultar molesto y hasta doloroso para nuestros oídos. ¿Qué característica de los sonidos nos permite percibirlos como fuertes o débiles? ¿Qué elementos de una onda sonora permiten explicar dicha característica? Para intentar responder estas preguntas, realicen la siguiente actividad.

Actividad

Objetivo
Asociar una representación visual de una onda sonora con su propia intensidad.

¿Qué nociones, ya estudiadas, están involucradas en la actividad?

Habilidades
Obtener evidencias.

Actitud
Trabajar en forma proactiva y colaborativa.

Tiempo
30 minutos.

Precaución

Nunca debes dirigir la luz del láser a tus ojos o a los de algún compañero o compañera.

Observando el sonido

Reúnanse en grupos de tres o cuatro integrantes y consigan los siguientes materiales: un puntero láser, un globo, un tarro o tubo con sus dos extremos abiertos (debe tener a lo menos 12 cm de diámetro), un pequeño trozo de espejo, tijeras, un trozo de cartón piedra de 2 cm x 20 cm, cinta adhesiva y pegamento. Luego, realicen el siguiente procedimiento:

1. Corten el globo y ténsenlo sobre uno de los extremos del tubo. Utilicen la cinta para fijarlo. Luego, pongan el espejo sobre el globo y fíjenlo con pegamento (debe estar desplazado del centro).

2. Doblen un extremo del cartón piedra y, utilizando la cinta, fijen el puntero láser a él. Adhieran el cartón con el puntero al tarro. Es importante que el láser apunte hacia el espejo; para ello, fíjenlo con cinta adhesiva.

3. Utilicen cinta adhesiva para que el puntero láser quede encendido. Luego, sostengan el tarro de modo que la luz del láser se observe en algún muro, y emitan sonidos estables (como una nota musical) con diferentes intensidades al interior de él (observen la fotografía).

Respondan las siguientes preguntas:

a. ¿Qué observan cuando emiten un sonido estable, como una nota musical?
b. ¿Qué ocurre con la imagen cuando se emiten sonidos más intensos?
c. ¿Qué elemento de la imagen observada se puede relacionar con la intensidad del sonido?, ¿qué componente de una onda da cuenta de esa característica del sonido?
d. ¿Cómo evaluarías tu participación en el grupo de trabajo?, ¿qué aspectos piensas que debes mejorar?

Que un sonido se perciba más o menos "fuerte" se relaciona con el concepto de **intensidad sonora**. Esta depende de la energía que la onda transporta. Cuando una onda sonora posee mayor energía que otra, su amplitud es mayor (similar a lo observado en la actividad anterior). Esto es cierto siempre que la frecuencia de los dos sonidos sea la misma.

Operacionalmente, la intensidad de un sonido corresponde a la energía transportada por unidad de tiempo y de superficie. Sin embargo, para cuantificar la intensidad de un sonido es habitual recurrir al concepto de **nivel de intensidad sonora** (NIS). En esta escala de medición, la unidad utilizada es el decibel (dB). Como dicha escala no es lineal, sino logarítmica, la intensidad de un sonido de 20 dB, por ejemplo, es mucho más que el doble de la intensidad de otro sonido de 10 dB. En la siguiente tabla se muestra el nivel de intensidad de algunos sonidos comunes:

Niveles de intensidad sonora de sonidos habituales

Sonido	Nivel de intensidad sonora (dB)
Susurro de las hojas	10
Murmullo de voces	20
Conversación normal	65
Esquina de calle transitada	80
Transporte subterráneo	100
Umbral del dolor	120
Motor a propulsión	140-160

Fuente: Tippens, Paul, E. (2001). *Física, conceptos y aplicaciones*. 6.ª edición. Chile: McGraw-Hill. (Adaptación)

La intensidad de un sonido disminuye a medida que el receptor se aleja de la fuente sonora. Este cambio se produce con el cuadrado de la distancia. Por ejemplo, si una persona situada a cierta distancia de una fuente se aleja el doble de la distancia anterior, entonces percibirá la cuarta parte de la intensidad sonora.

La contaminación acústica

Cuando en una determinada zona existe un exceso de sonido que altera las condiciones normales del ambiente, entonces hablamos de **contaminación acústica**. Si bien el ruido no se mantiene en el tiempo como otras formas de contaminación, puede causar daños en la calidad de vida y la salud. La Organización Mundial de la Salud (OMS) considera que la exposición prolongada a ambientes en los que el ruido supera los 70 dB puede originar daños irreparables en la capacidad auditiva.

PROYECTO

¿Existe contaminación acústica en mi sala de clases y colegio?

OBJETIVO

Determinar el nivel de intensidad sonora al que están expuestos los estudiantes en diferentes lugares de nuestro colegio, detectando posibles fuentes de contaminación acústica.

HABILIDAD

Investigar, recopilar y analizar información, junto con integrar conocimientos de distintas áreas.

ACTITUDES

Incentivar el trabajo colaborativo y el compromiso para llevar a cabo una tarea.

IMPORTANTE

- Utilicen los conocimientos adquiridos en la unidad como base para realizar su proyecto.
- Lleven a cabo todas las etapas necesarias y entreguen este reporte a su profesor o profesora una vez finalizado su proyecto.
- No olviden recurrir a los docentes de sus distintas asignaturas para que los apoyen en la elaboración de este desafío.

PLAZO SUGERIDO

Se propone dos semanas para ejecutar el proyecto.

CONEXIÓN CON...

LAS TIC

Para medir el nivel de intensidad sonora pueden descargar alguna aplicación de libre uso en su celular, que les permita utilizarlo como sonómetro.

El tono de un sonido

El **tono** es la característica de un sonido que nos permite clasificarlo en agudo o grave. Para entender cómo se relaciona el tono de un sonido con su frecuencia, realiza la siguiente actividad.

Actividad

Objetivo
Descubrir la relación que existe entre la frecuencia de vibración de un objeto y el tono que se produce.

¿Qué conceptos debo saber para desarrollar la actividad?

Habilidad
Relacionar.

Actitud
Trabajar de manera rigurosa.

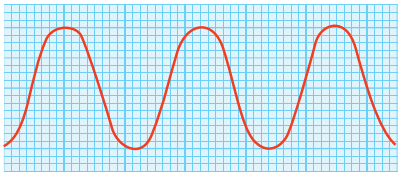
Tiempo
15 minutos.

¿Qué relación existe entre la frecuencia y el tono?

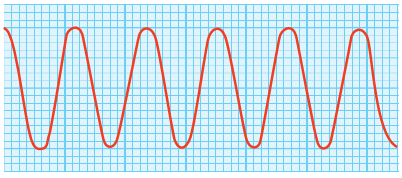
Para desarrollar el procedimiento, necesitarás una regla de al menos 20 cm.

1. Ubica la regla en el borde de una mesa o sobre unos libros, como se muestra en la imagen.
2. Varía la longitud de la sección de la regla que sobresale de los libros y hazla vibrar. Escucha atentamente el sonido que produce cuando vibra y observa su movimiento, cada vez.
   a. ¿En qué posición la regla vibró con menor frecuencia?, ¿cómo era el sonido asociado a dicha vibración?
   b. ¿En qué posición la regla vibró con mayor frecuencia?, ¿cómo fue el sonido asociado a dicha vibración?
   c. ¿Qué relación puedes establecer entre la frecuencia de una vibración y las características del sonido que ella produce?
   d. ¿Seguiste los pasos señalados en el procedimiento? ¿Qué importancia le atribuyes a la rigurosidad en el trabajo científico? Explica.

En la actividad, se pudo observar que cuando la regla vibró con mayor frecuencia, el tono que se produjo fue más agudo; y cuando vibró con menor frecuencia, fue más grave. Luego, es posible afirmar que la frecuencia y el tono de un sonido están estrechamente ligados. Mientras mayor sea la frecuencia de un sonido, más agudo se percibirá; y mientras menor sea la frecuencia, más grave se escuchará. A continuación, se comparan gráficamente un tono grave y otro agudo.



Sonido grave (menor frecuencia)



Sonido agudo (mayor frecuencia)

↑ En la modelación de las ondas de las figuras anteriores, el conjunto de ciclos de cada imagen se producen en el mismo tiempo.

En música es habitual hablar de la altura de un sonido en referencia al tono. Sin embargo, cuán alta es una nota musical es un hecho subjetivo, dado que depende de nuestra percepción y de aspectos socioculturales. Siglos atrás, la altura en la que eran afinados los instrumentos musicales era diferente a la que se usa hoy. Para definir nuestro sistema tonal, en 1939 se fijó, por convención, que la nota *la* tendría una frecuencia de 440 Hz. A partir de esta, se determinó la frecuencia de las otras notas musicales.

Conectando con...

La música

¿Te has preguntado por qué los instrumentos musicales más pequeños emiten notas más agudas? Por ejemplo, en la familia de los instrumentos de cuerda frotada, el violín puede emitir notas musicales más agudas que un violonchelo o un contrabajo. Esta diferencia radica en el tamaño de sus cajas acústicas y la longitud de sus cuerdas, pues mientras menores sean estas, mayor es el número de ciclos que pueden realizar en un determinado tiempo.

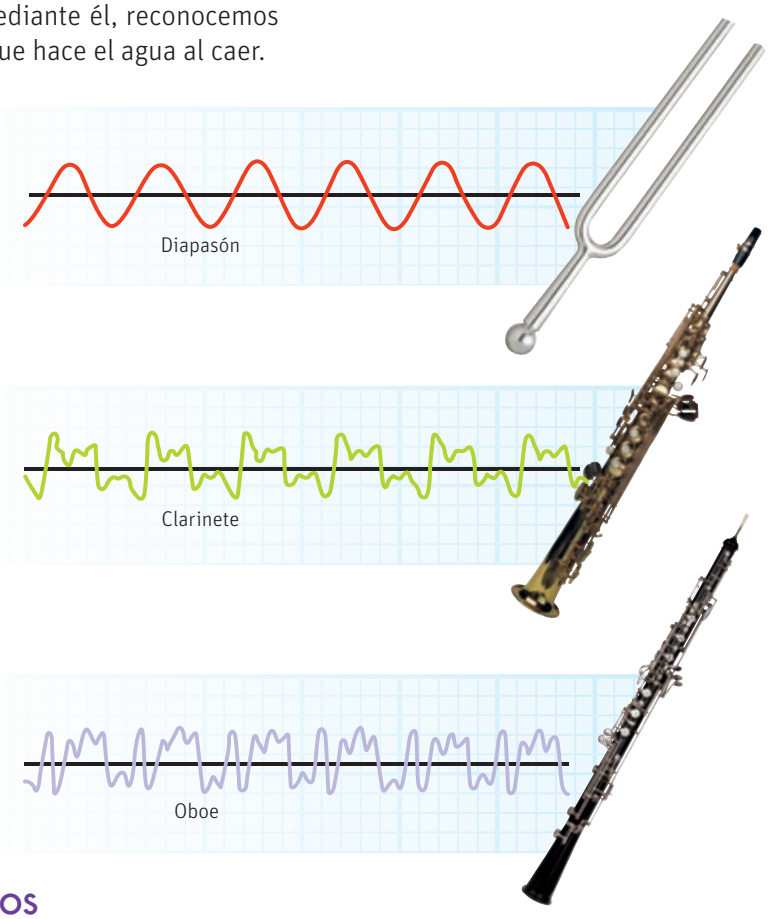
El timbre de un sonido

Recurso digital complementario

¿Por qué podemos diferenciar dos instrumentos que emiten con igual intensidad una misma nota musical? Esto es posible debido a una importante característica del sonido, el **timbre**. Mediante él, reconocemos la voz de una determinada persona o el sonido que hace el agua al caer.

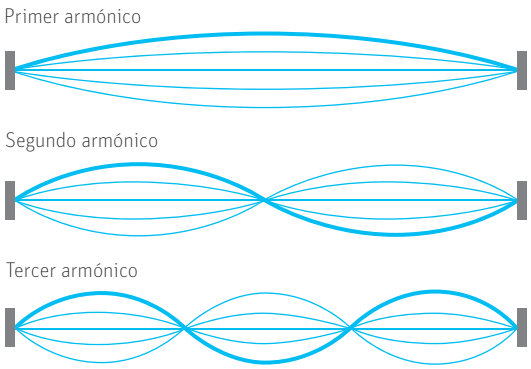
Físicamente, el timbre se debe a la **composición armónica** de un determinado sonido. Cuando cierta nota es emitida por un diapasón, se dice que esta corresponde (aproximadamente) a un **tono puro**, dado que contiene muy pocos armónicos. Sin embargo, si un instrumento musical, como un clarinete, emite la misma nota musical, esta se compondrá de una **frecuencia fundamental** (similar a la del diapasón) y de otras frecuencias llamadas **armónicos**, que son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental. De esta manera, si la frecuencia fundamental es de 440 Hz, el segundo armónico será de 880 Hz.

La cantidad y la diversidad de los armónicos de un instrumento musical están determinadas por factores como forma, tamaño y material del que está hecho. Mientras más armónicos tenga un instrumento, mayor será la riqueza y complejidad de su sonido.

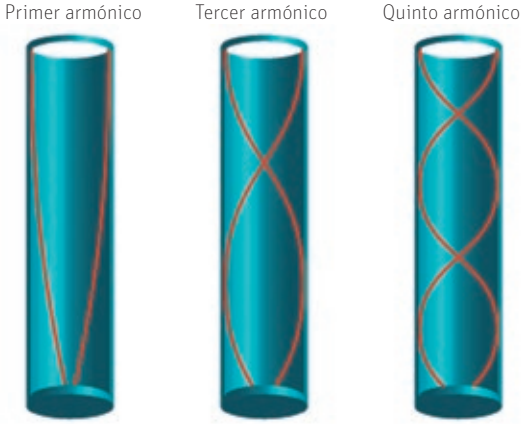


Ondas estacionarias y armónicos

Tal como se estudió en la página 20, las ondas estacionarias se generan cuando ondas de la misma naturaleza se interfieren. Los armónicos de un instrumento, y que le dan el timbre, pueden se explicados a través de las ondas estacionarias.



En los esquemas se muestran los primeros tres armónicos que se producen en una cuerda (que puede ser de una guitarra o violín).



Cuando una onda sonora queda confinada en un tubo con un extremo cerrado (como el de una zampoña), los armónicos que se generan dependen de la longitud del tubo.

¿Con qué rapidez se propaga el sonido?

Como ya lo hemos estudiado, el sonido es una onda que requiere de un medio material para su propagación. Pero ¿cuál es su rapidez y de qué factores depende? Antes de responder estas interrogantes, te invitamos a realizar la siguiente actividad.

Actividad

Objetivo
Reconocer que el sonido posee una velocidad finita.

Habilidades
Formular hipótesis.

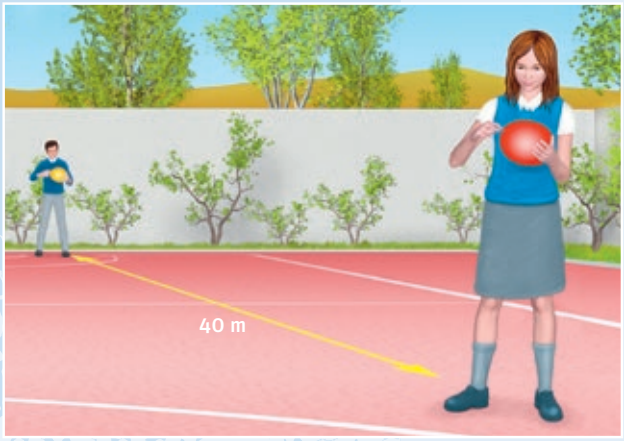
Actitud
Mostrar curiosidad por comprender los fenómenos del entorno.

Tiempo
30 minutos.

La imagen y el sonido

Se recomienda que la siguiente experiencia sea efectuada solo por un par de estudiantes. El resto debe observar y seguir las indicaciones del profesor o profesora. Reúnan los siguientes materiales: dos globos y un par de alfileres. Luego, desarrollen el siguiente procedimiento:

1. Inflen los dos globos y salgan a un espacio despejado, como el patio del colegio o una cancha de deportes.
2. Uno de ustedes debe ubicarse a unos cuatro metros del resto del curso, sosteniendo uno de los globos y un alfiler. El otro estudiante debe situarse al menos a 40 metros del resto del curso con el otro globo.
3. El estudiante ubicado a cuatro metros debe reventar el globo utilizando el alfiler. Antes de hacerlo, el resto debe observar con mucha atención el globo y escuchar el sonido que este produce al reventarse. Es importante que focalicen su atención en la simultaneidad del sonido y la imagen. Repitan el procedimiento, pero esta vez con el estudiante situado a 40 metros.



A partir del procedimiento realizado, respondan:

a. ¿Qué conceptos, ya estudiados, piensan que están relacionados con la actividad?
b. ¿Percibieron de manera simultánea la imagen del globo reventándose y el sonido que emitió en la primera situación? ¿Sucedió lo mismo en la segunda situación?
c. En el caso de no haber percibido de manera simultánea el sonido y la imagen, ¿cuál piensan que es la explicación?
d. ¿Qué te pareció la actividad realizada?, ¿crees que la experimentación te ayuda a comprender de mejor forma ciertos fenómenos? Explica.

Posiblemente, en la actividad anterior, cuando el estudiante que se situó a una mayor distancia de ustedes reventó el globo, pudieron percibir un desfase entre la imagen del globo reventándose y el sonido originado. Lo mismo sucede en una tormenta eléctrica, cuando el sonido producido por una descarga eléctrica (trueno) es percibido después de la luz generada en dicha descarga (relámpago). Esto se debe a que la luz (o la imagen) viaja mucho más rápido que el sonido. La rapidez con la que se propaga el sonido depende de las propiedades del medio donde esta onda se desplaza, como la **elasticidad**, la **densidad** y la **temperatura**. En general, la velocidad del sonido es mayor en los sólidos que en los líquidos; y a su vez, es mayor en los líquidos que en los gases.

Contexto histórico

Para intentar determinar la rapidez del sonido, Galileo Galilei (1564-1642) realizó un procedimiento similar al del globo de la actividad. La diferencia fue que él midió el tiempo que demoraba en escuchar el sonido del disparo de un cañón, el cual era observando desde una distancia conocida. De esta manera, relacionando la distancia y el tiempo, pudo determinar un valor aproximado de la rapidez del sonido.

La rapidez del sonido y la temperatura

En sólidos y líquidos, la rapidez del sonido no experimenta variaciones significativas cuando la temperatura aumenta o disminuye. Sin embargo, en los gases la rapidez del sonido varía de manera considerable al cambiar la temperatura. Esto se debe a que, al aumentar la temperatura de un gas, las partículas que lo conforman se mueven con mayor rapidez y en todas las direcciones, lo que incide directamente en el desplazamiento de una onda sonora a través de él. Se ha demostrado, experimentalmente, que la rapidez del sonido en el aire que respiramos es una función de la temperatura, cuyo modelo matemático está dado por:

$$v = 331 \cdot \sqrt{1 + \frac{T}{273}}$$

Donde T es la temperatura medida en grados Celsius (°C) y v es la rapidez en m/s.

Para efectos prácticos, es usual considerar la rapidez del sonido a temperatura ambiente, aproximadamente 15 °C, en cuyo caso es igual a 340 m/s.

En la siguiente tabla se muestran algunos valores de la rapidez del sonido en diferentes medios.

Rapidez del sonido en diversos medios (medida a 0 °C)

Medio	Rapidez (m/s)
Granito	5400
Hierro	5190
Aluminio	5100
Madera	3900
Cobre	3810
Agua	1402
Plomo	1190
Aire	331
Caucho	50

Fuente: Tippens, Paul, E. (2001). *Física, conceptos y aplicaciones*. 6.ª edición. Chile: McGraw-Hill. (Adaptación)

A partir de los datos de la tabla anterior, ¿por qué la rapidez del sonido es menor en el caucho (un sólido) que en el aire? Plantea una explicación.

TALLER de estrategias

Aprendiendo a aplicar modelos

Variaciones en la rapidez del sonido

Situación problema

Como parte de un experimento, un equipo de científicos necesita conocer en qué porcentaje varía la rapidez del sonido en el aire cuando su temperatura desciende de 15 °C a –10 °C.

Paso 1 Identifica las incógnitas

Dado que en el problema se pide establecer la relación porcentual entre dos magnitudes, previamente debemos determinar la rapidez del sonido en función de cada una de las temperaturas.

Paso 2 Registra los datos

$T_1 = 15\,°C$; $T_2 = -10\,°C$

Recordemos que la rapidez del sonido a 15 °C (v_1) es igual a 340 m/s.

Paso 3 Utiliza modelos

Para determinar la rapidez del sonido a –10 °C, aplicamos el siguiente modelo matemático:

$$v_2 = 331 \cdot \sqrt{1 + \frac{T_2}{273}} \approx 325 \text{ m/s}$$

Por lo tanto, la rapidez del sonido varió de 340 m/s a 325 m/s, es decir, disminuyó en 15 m/s. Estableciendo una regla de tres, obtenemos:

$$\frac{340 \text{ m/s}}{15 \text{ m/s}} = \frac{100\,\%}{x}$$

$$x = 4{,}4\,\%$$

Paso 4 Comunica los resultados

Cuando la temperatura del aire descendió de 15 °C a –10 °C, la rapidez del sonido disminuyó en un 4,4 %.

Desafío

Aplica

¿A qué temperatura del aire la rapidez del sonido en ese medio es de aproximadamente 353 m/s?

Aprendiendo a desarrollar procesos científicos

Reflexión y absorción de las ondas sonoras

Objetivo
Determinar aquellas características que permiten absorber o reflejar de mejor manera el sonido a un determinado material.

¿Qué nociones físicas crees que están involucradas en esta actividad?

Habilidades
Procesar y analizar evidencias.

Actitud
Trabajar responsablemente y en forma proactiva.

Tiempo
60 minutos.

Observación

Cuando nos encontramos dentro de una sala pequeña y alfombrada, percibimos que los sonidos que se producen en su interior se escuchan muy claramente. Sin embargo, si estamos en una sala amplia y con muros de concreto, es posible que percibamos que el sonido que allí se genera está acompañado de un fenómeno conocido como reverberación. ¿Por qué nuestra percepción del sonido varía dependiendo del lugar en el que nos encontremos? Reúnanse en grupos de cuatro o cinco integrantes y realicen el siguiente procedimiento.

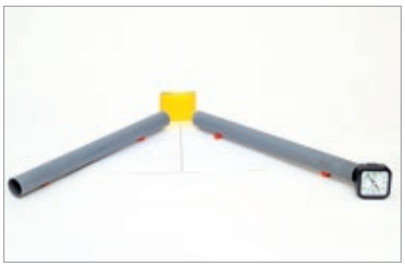
Planteamiento del problema e hipótesis

¿Qué característica de un material le permite absorber o reflejar de mejor manera el sonido? Respecto de esta pregunta, planteen una hipótesis.

Diseño experimental

1. Reúnan dos tubos de PVC de 40 cm de largo, un reloj despertador, un pliego de cartulina blanca, plastilina y tres trozos rectangulares de los siguientes materiales: cartón, esponja y azulejo.

2. Sitúen la cartulina blanca sobre la superficie de la mesa. Tracen una recta en ella (la que servirá como normal). Luego, realicen el montaje que se muestra en la fotografía. Asegúrense de que los ángulos entre cada tubo y la normal sean iguales.



3. Activen la alarma del reloj despertador y acerquen uno de sus oídos al extremo del otro tubo (deben tapar su oído libre). Repitan el procedimiento con cada uno de los materiales. Es importante que todos los integrantes del grupo realicen esta etapa.

Resultados

Se debe considerar que la investigación es de carácter cualitativo, es decir, para recolectar la información es importante tener presente que nuestra percepción juega un papel importante. En la tabla inferior, se debe registrar cuán intenso se percibió el sonido reflejado en cada uno de los materiales según los siguientes indicadores: débil, en el caso de que el sonido se haya percibido mucho menos intenso que el sonido de la fuente emisora; medio, si el sonido fue percibido levemente menos intenso que el sonido de la fuente emisora; y fuerte, en el caso de que la intensidad del sonido haya sido muy similar a la de la fuente emisora.

Material	Intensidad del sonido reflejado		
Cartón	Débil ◯	Medio ◯	Fuerte ◯
Azulejo	Débil ◯	Medio ◯	Fuerte ◯
Esponja	Débil ◯	Medio ◯	Fuerte ◯

Es importante que cada uno de los integrantes del grupo de trabajo complete la tabla. Luego, establezcan cuáles de los indicadores fue el más prevalente para cada uno de los materiales estudiados.

Análisis e interpretación de resultados

a. ¿En qué material el sonido se reflejó mejor?, ¿en cuál lo hizo peor?
b. ¿Qué características tiene el material que reflejó peor el sonido?, ¿qué características posee el material que reflejó mejor el sonido? Describan.
c. ¿Qué relación existe entre la capacidad que tiene un material para reflejar el sonido y su capacidad para absorberlo?
d. ¿El experimento habría resultado de la misma forma si los tubos hubiesen sido dispuestos en ángulos distintos respecto de la recta normal? Expliquen.

Conclusiones y evaluación

a. ¿Qué ocurre cuando el sonido es absorbido por un material? Expliquen.
b. ¿Se validó o rechazó su hipótesis?
c. ¿Cómo podrían mejorar el diseño experimental?
d. ¿Existen variables que no consideraron?
e. ¿Cómo evalúas tu desempeño al interior de tu grupo de trabajo?, ¿qué aspectos piensas que debes mejorar?

Comunicación de resultados

Para comunicar los resultados de su investigación, elaboren un informe escrito en donde describan el problema propuesto, la hipótesis, los materiales y procedimientos empleados, además de sus resultados y conclusiones.

Desafío

Crea

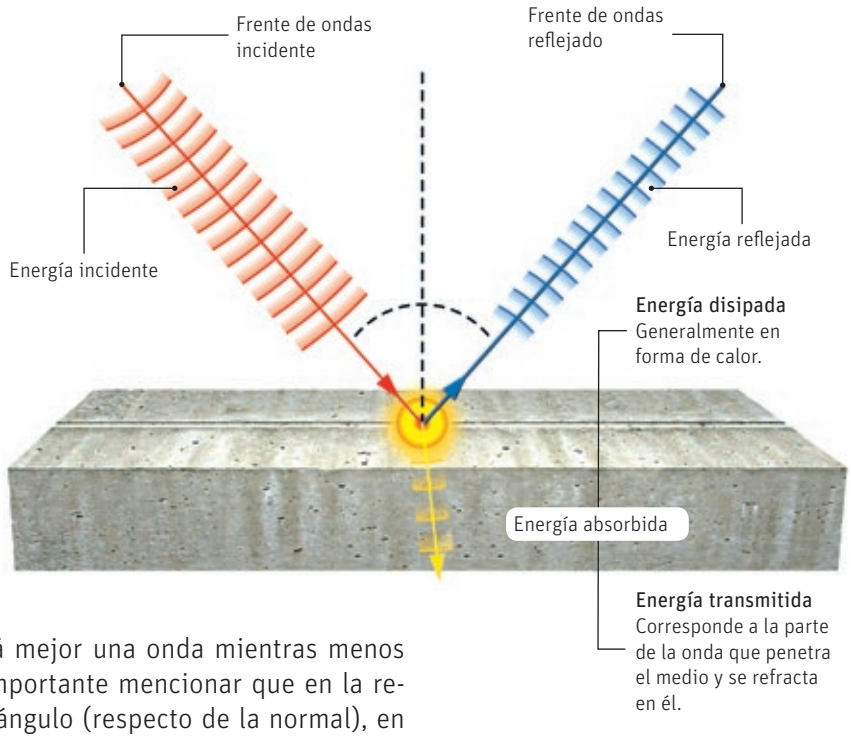
Propongan y planifiquen un diseño experimental que les permita demostrar que una onda sonora experimenta el fenómeno de difracción. Para ello, planteen un problema de investigación y una hipótesis de trabajo, definan los materiales a utilizar y realicen el experimento. Una vez concluida la investigación, escojan un medio para comunicar los resultados. Recuerden describir todas las etapas del ciclo investigativo.

Las propiedades de las ondas sonoras

Como el sonido es un fenómeno ondulatorio, todas las propiedades de las ondas estudiadas en la lección anterior pueden ser verificadas en él. A continuación, analizaremos cómo se cumplen las diferentes propiedades de las ondas en el sonido.

Reflexión del sonido

En el *Taller de ciencias* de la página anterior, vimos cómo una onda sonora se refleja mejor sobre ciertas superficies. Esto se debe a que, cuando la energía transportada por una onda sonora incide sobre una superficie, una parte de ella es devuelta al medio mediante la reflexión y otra parte es absorbida por la superficie. La energía absorbida, a su vez, se transforma en energía transmitida y energía disipada. Esto se explica en el esquema de la derecha:



Una determinada superficie reflejará mejor una onda mientras menos energía sea absorbida por ella. Es importante mencionar que en la reflexión del sonido se cumple que el ángulo (respecto de la normal), en el que incide cierto frente de ondas sobre una superficie, es de igual medida que el ángulo en donde se refleja el frente de ondas.

El eco

Si nos encontramos en la ladera de una montaña y emitimos un sonido intenso, podemos percibir que este regresa a nuestros oídos después de un tiempo. Este es otro fenómeno relacionado con la reflexión del sonido, al que se le denomina **eco**. El eco se produce cuando una onda sonora que es emitida se refleja y regresa a la fuente que la generó.

Para que se produzca, la superficie reflectante debe encontrarse lo suficientemente lejos, dado que entre la onda emitida y reflejada tiene que existir un desfase de tiempo perceptible. En el caso de la audición humana, el menor desfase de tiempo que podemos percibir es de 0,1 s. Ahora, si tanto el eco como la reverberación son fenómenos que se producen por la reflexión del sonido, ¿cuál es la diferencia entre ambos? La diferencia entre los fenómenos de reverberación y el eco es que en el primero, los sonidos generados por la reflexión son ininteligibles, es decir, no pueden ser interpretados con claridad. En el caso del eco, es posible interpretar o reconocer el sonido reflejado, como una palabra o parte de ella, por ejemplo.

↑ Cuando emitimos un sonido intenso y de corta duración en una zona montañosa, podemos escucharlo de vuelta después de un tiempo.

La reverberación

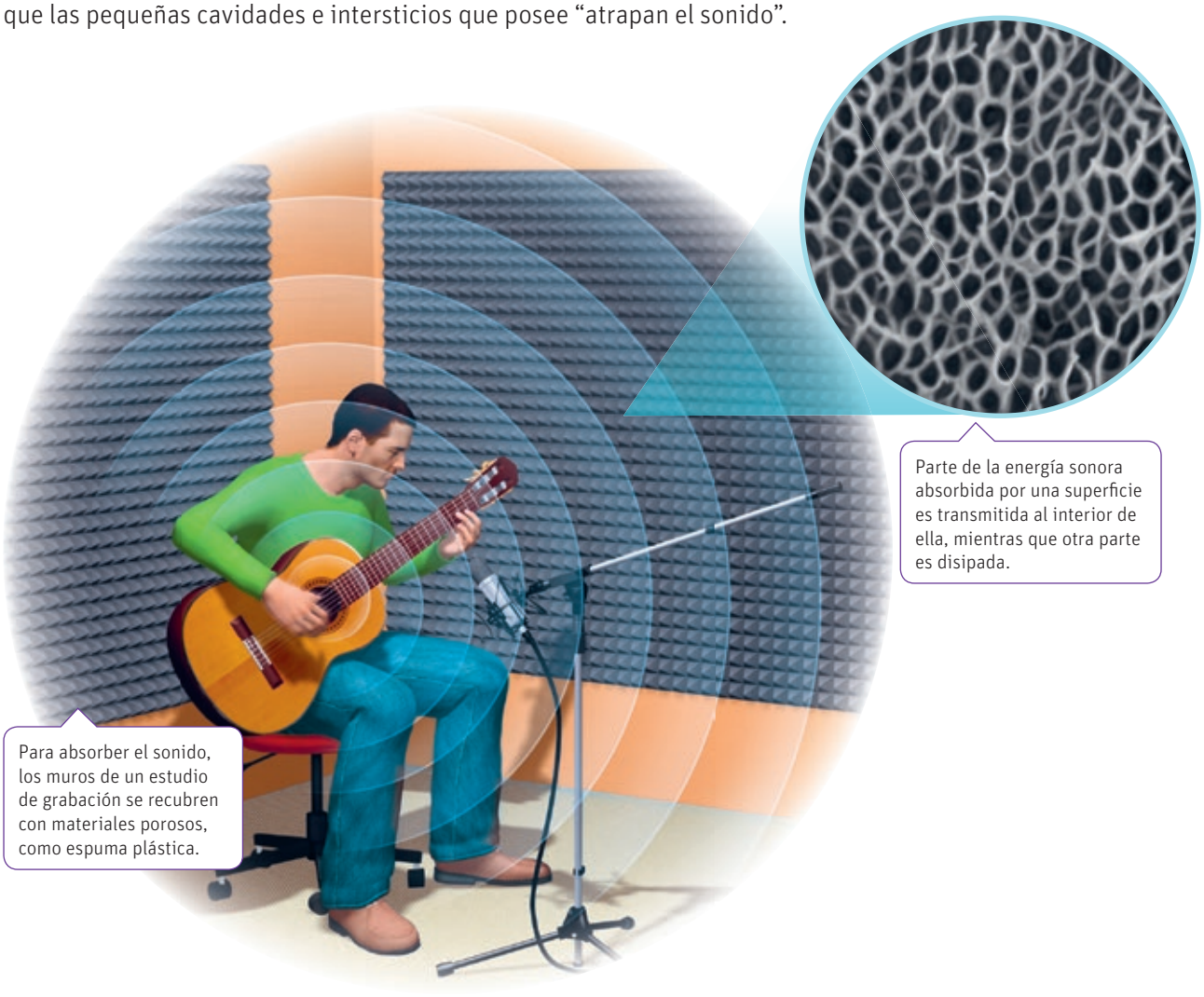
La **reverberación** es un fenómeno relacionado con la reflexión del sonido. Corresponde a la persistencia del sonido una vez que la fuente sonora ha dejado de emitirlo.

La reverberación se produce cuando un frente de ondas sonoras se refleja en el techo, en el suelo y en las paredes de un recinto cerrado. El efecto es más notorio si el recinto es de mayor tamaño, dado que los tiempos entre que se emite el sonido y se generan las múltiples reflexiones, son mayores. Las ondas sonoras que experimentan reverberación sufren un proceso de "deformación".

Es habitual que al interior de una iglesia o catedral se produzca el fenómeno de reverberación.

Absorción del sonido

La **absorción del sonido** se produce cuando parte de la energía sonora que incide sobre una determinada superficie queda confinada en ella. Una superficie absorberá mejor el sonido mientras más porosa sea, ya que las pequeñas cavidades e intersticios que posee "atrapan el sonido".



Parte de la energía sonora absorbida por una superficie es transmitida al interior de ella, mientras que otra parte es disipada.

Para absorber el sonido, los muros de un estudio de grabación se recubren con materiales porosos, como espuma plástica.

La resonancia

Si golpeas suavemente una copa, podrás escuchar que emite un determinado sonido. Esto sucede porque la mayoría de los cuerpos que vibran lo hacen siempre con una frecuencia característica, denominada **frecuencia propia** o **frecuencia natural**. ¿Qué ocurrirá si un cuerpo con una determinada frecuencia propia vibrara cerca de otro que tiene la misma frecuencia propia? Para responder esta interrogante, te invitamos a realizar la siguiente actividad.

Al golpear una copa, es posible escuchar que emite un sonido característico. Dicho sonido tiene igual frecuencia que la frecuencia natural de la copa.

Actividad

Objetivo
Observar y proponer una explicación respecto del fenómeno de resonancia.

¿Qué conceptos estudiados están presentes en la actividad?

Habilidades
Observar y describir.

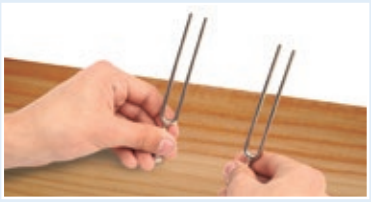
Actitud
Manifestar una actitud de pensamiento crítico.

Tiempo
20 minutos.

Percibiendo el fenómeno de resonancia

Para este procedimiento necesitarás dos diapasones con la misma frecuencia.

1. Golpea la horquilla de uno de los diapasones. Luego, pon los dos sobre la superficie de una mesa, muy próximos entre sí.



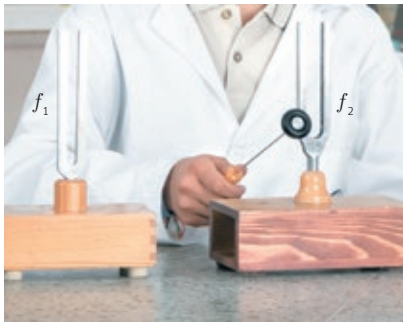
2. Acerca rápidamente el diapasón que no fue golpeado a tu oído y escucha atentamente. Repite varias veces el procedimiento.

En relación con la actividad realizada, responde:

a. ¿Qué percibiste al acercar el diapasón que no fue golpeado hasta tu oído?
b. ¿Por qué se transmite la vibración entre ellos? Explica.
c. ¿Sucedería lo mismo si las frecuencias de los diapasones fueran distintas?
d. Al momento de proponer una explicación, ¿qué importancia le asignas a que esta se fundamente en evidencias? Justifica tu respuesta.

En la actividad anterior, pudimos observar cómo la vibración de uno de los diapasones fue transferida al otro, sin que ellos hubieran sido puestos en contacto directo. Este fenómeno se denomina **resonancia**, y ocurre siempre que la frecuencia natural de ambos objetos sea la misma. En el fenómeno de resonancia acústica, la vibración de uno de los cuerpos se transmite por el aire (o material que los conecta, como la mesa en el caso anterior) como ondas de presión, y su energía hace que el otro comience a vibrar, dado que su frecuencia natural coincide con la frecuencia de la vibración original.

La resonancia también puede ser observada en un instrumento musical. Por ejemplo, cuando se pulsa la cuerda de una guitarra, parte de la estructura del instrumento (la caja de resonancia) vibra en la misma frecuencia que la cuerda, por lo cual es posible amplificar dicha vibración. Si se pulsa otra cuerda (cuya frecuencia es distinta de la anterior), una zona diferente de la caja de resonancia vibrará en dicha frecuencia. La resonancia no es un fenómeno que se produce solamente en acústica, también estructuras como puentes o edificios poseen una frecuencia natural de vibración.

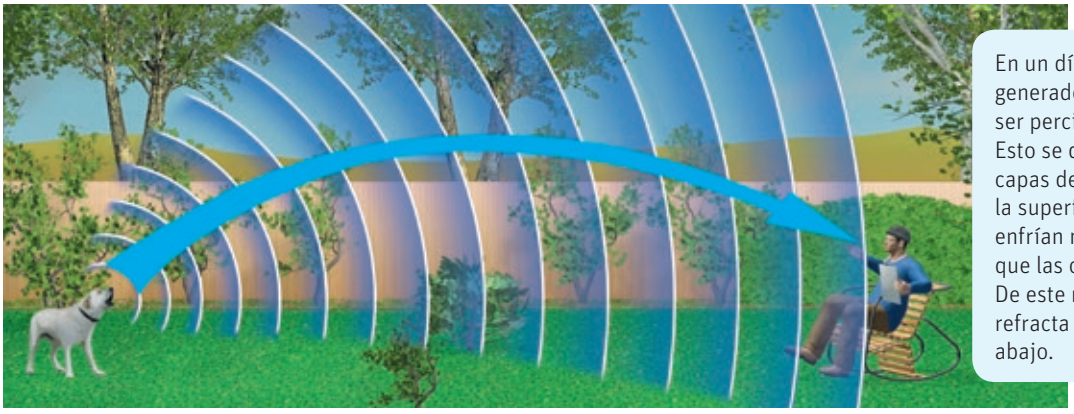


Si se hacen vibrar dos diapasones de frecuencias muy similares ($f_1 \approx f_2$) no se produce el fenómeno de resonancia, si no que el de **pulsaciones**. Este puede ser percibido como un sonido único cuya intensidad fluctúa.

Refracción del sonido

En la lección anterior, estudiamos que la refracción de una onda corresponde a un cambio en su velocidad cuando esta pasa de un medio a otro. Sin embargo, si las características de un determinado medio no son perfectamente homogéneas, también al interior de él se puede producir la refracción de una onda. Esto ocurre, por ejemplo, en el aire. Para explicar cómo una onda sonora experimenta refracción en ese medio, observa las siguientes imágenes y lee la descripción asociada a cada una de ellas.

En un día caluroso, el sonido generado a lo lejos puede no ser percibido por nosotros. Esto se debe a que las capas de aire cercanas a la superficie terrestre están a mayor temperatura que las capas más altas. Como la rapidez del sonido aumenta con la temperatura, las ondas sonoras se refractan y se desvían hacia arriba.



En un día frío, el sonido generado a lo lejos puede ser percibido por nosotros. Esto se debe a que las capas de aire cercanas a la superficie terrestre se enfrían más rápidamente que las capas superiores. De este modo, el sonido se refracta y se desvía hacia abajo.

↑ Las imágenes de arriba solo corresponden a representaciones que nos permite comprender un fenómeno. Por esta razón, no necesariamente dan cuenta de la realidad.

Difracción del sonido

Cuando una onda sonora atraviesa una pequeña abertura dejada por una puerta o ventana entreabierta, dicha abertura se constituye en un nuevo foco emisor y, desde ahí, se propaga en múltiples direcciones. Este fenómeno es conocido como **difracción**, y ocurre muy notoriamente cuando los obstáculos y aberturas que encuentra una onda en su camino son de magnitud o tamaño similar a la longitud de la onda. En el caso de las ondas sonoras, las longitudes de onda van desde los dos centímetros hasta los 17 metros, por lo que objetos comunes, como una puerta o una ventana, pueden provocar que el sonido se difracte.

El efecto Doppler

Antes de trabajar la temática que se desarrollará en estas páginas, te invitamos a realizar la siguiente actividad:

Actividad

Objetivo
Percibir los cambios relativos de la frecuencia, cuando una fuente sonora se mueve respecto de un receptor inmóvil.

¿Qué conceptos están involucrados en la actividad?

Habilidades
Observar y describir.

Actitud
Mostrar curiosidad por el conocimiento.

Tiempo
15 minutos.

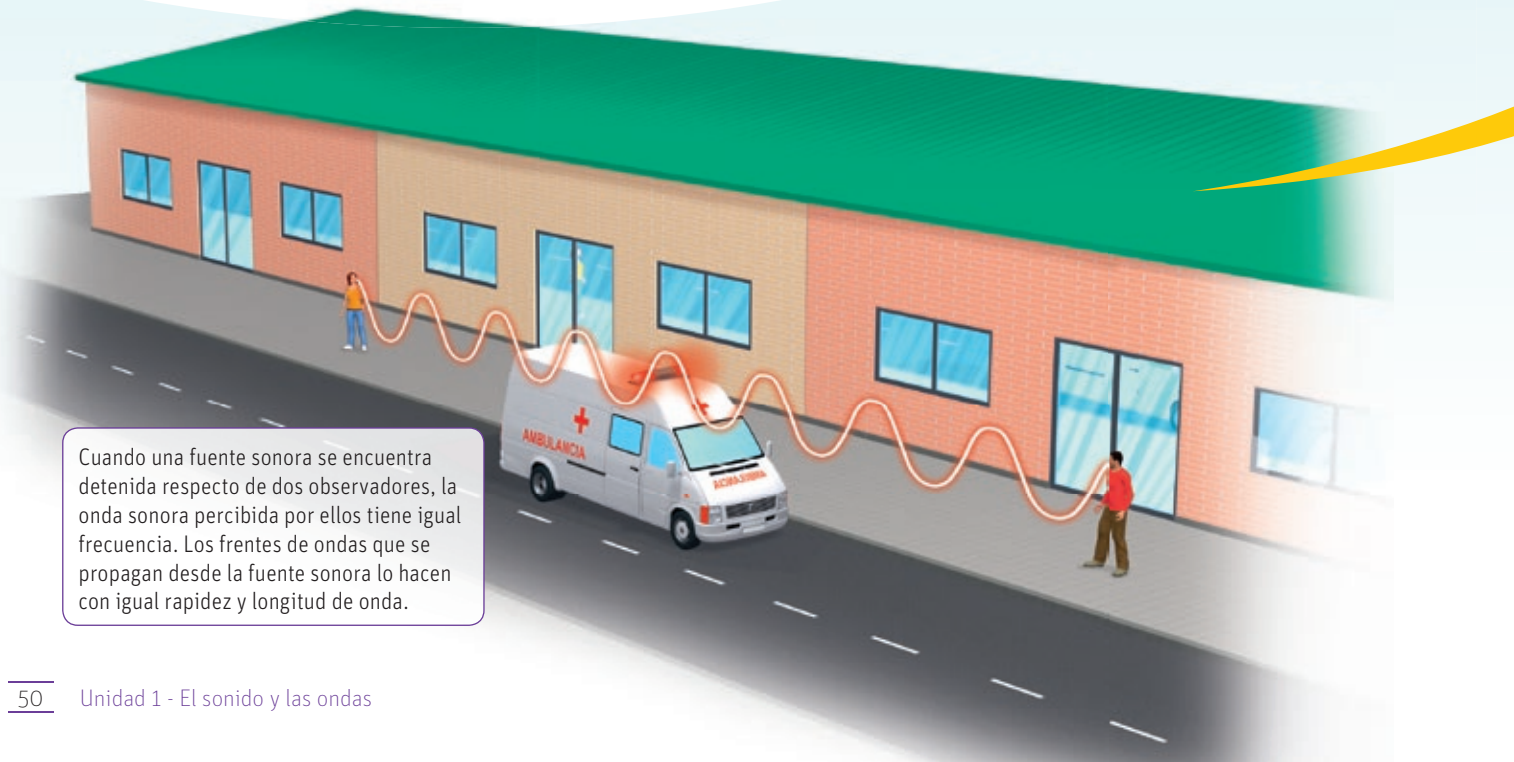
¿Cómo se percibe el sonido de una fuente en movimiento?

Para realizar el siguiente procedimiento necesitarás conseguir un teléfono celular.

Utilizando las funciones del teléfono, haz que este emita una frecuencia constante (como una nota musical). Luego, y mientras este suena, pásalo rápidamente cerca de tu oído. Repite varias veces este procedimiento.

a. ¿Qué percibiste? Describe.
b. ¿A qué crees que se debe el fenómeno que experimenta el sonido del celular?
c. ¿En qué otras situaciones has percibido el mismo fenómeno?
d. ¿Qué preguntas te surgen respecto del fenómeno observado? Haz un listado.

¿Has notado que cuando un automóvil o un autobús pasa frente a ti percibes que el sonido emitido por él experimenta un cambio de tono (de agudo a grave, similar a lo realizado en la actividad anterior)? Este fenómeno es perceptible solo cuando una fuente sonora se mueve rápidamente respecto de un receptor y es conocido como **efecto Doppler**, en honor al físico austriaco Christian Doppler (1803-1853).



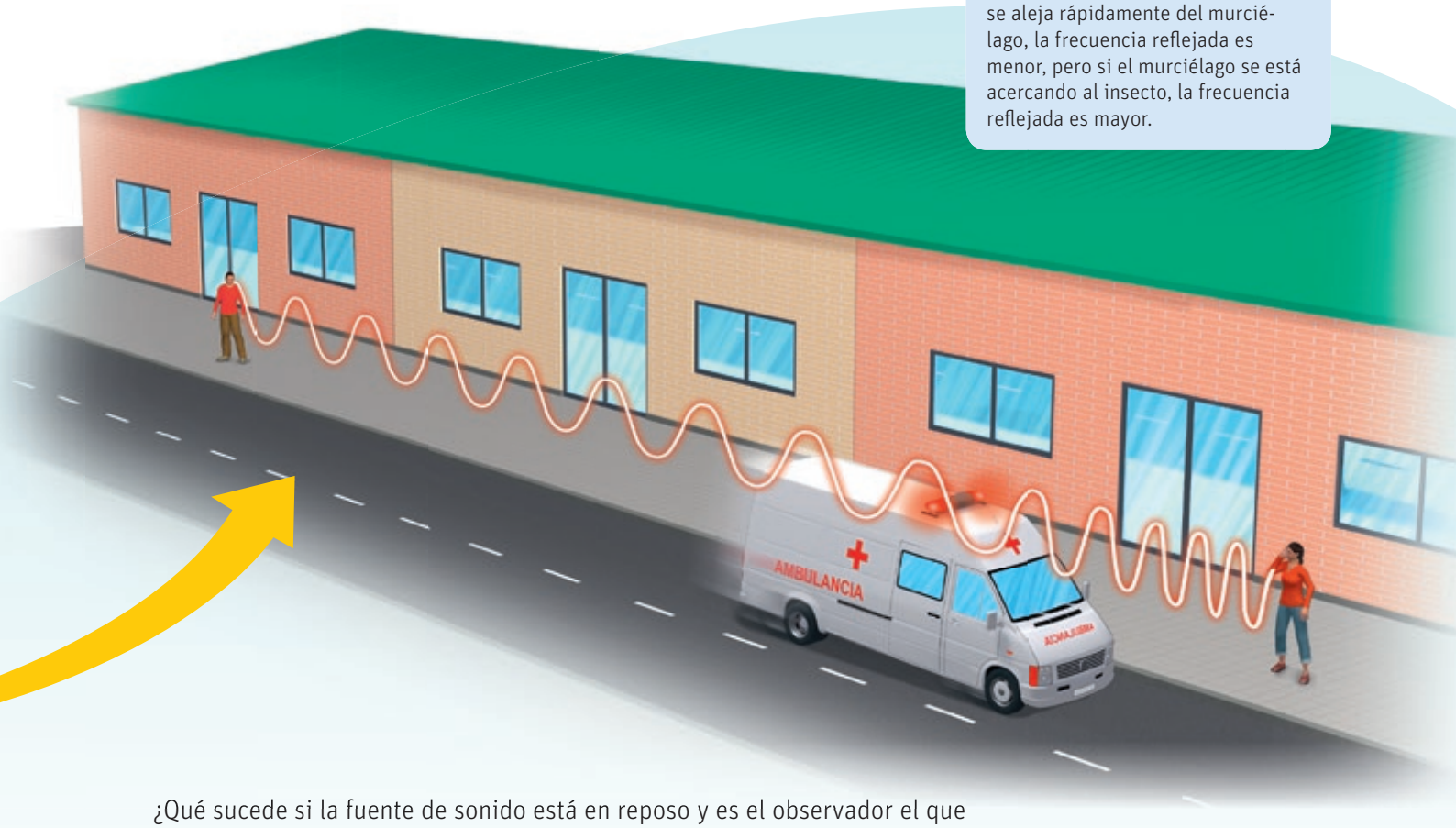
Cuando una fuente sonora se encuentra detenida respecto de dos observadores, la onda sonora percibida por ellos tiene igual frecuencia. Los frentes de ondas que se propagan desde la fuente sonora lo hacen con igual rapidez y longitud de onda.

Cuando la fuente sonora se encuentra en movimiento, el observador hacia el cual se acerca percibirá que el sonido es más agudo que cuando estaba detenida. Sin embargo, el observador respecto del cual se aleja la fuente sonora percibirá que el sonido es más grave que cuando la fuente sonora estaba en reposo. ¿Percibirá el mismo efecto el conductor del vehículo? Propón una explicación.

Conectando con...

La biología

Existen algunas variedades de murciélagos que utilizan el efecto Doppler para detectar insectos en pleno vuelo. Así, cuando el insecto se aleja rápidamente del murciélago, la frecuencia reflejada es menor, pero si el murciélago se está acercando al insecto, la frecuencia reflejada es mayor.



¿Qué sucede si la fuente de sonido está en reposo y es el observador el que se mueve? En este caso, también se produce el efecto Doppler. Si una persona se acerca a una fuente sonora, percibirá un sonido más agudo que el que escucharía si estuviera en reposo; y si se aleja de la fuente, percibirá un sonido más grave.

Se puede decir, entonces, que siempre que exista un movimiento relativo entre una fuente sonora y un observador (ya sea que se mueva la fuente, el observador o ambos), se percibirá un cambio en la frecuencia de las ondas sonoras y, por lo tanto, en su tono.

Aplicaciones tecnológicas del sonido

A medida que la ciencia ha estudiado y modelado las propiedades y características del sonido, ha sido posible desarrollar diferentes tipos de tecnologías que utilizan las ondas sonoras para su funcionamiento. A continuación, se presentan algunos de estos avances tecnológicos.

El sonar

El sonar (acrónimo de *Sound Navigation And Ranging*, navegación y alcance por sonido) es un dispositivo utilizado en la navegación y exploración submarina. Este emite ondas sonoras de baja frecuencia (infrasonido) y, al hacerlo, estas son reflejadas principalmente por los objetos que se encuentran bajo el agua, regresando a la embarcación (igual que el eco). La diferencia en los tiempos de reflexión de las ondas de infrasonido permite trazar una imagen del objeto en estudio.

Se piensa que estos instrumentos pueden afectar a la fauna marina, ya que algunas especies, como las ballenas y los delfines, utilizan un sistema de comunicación basado en la emisión y recepción de infrasonidos.

↑ Imagen del fondo marino obtenida con un sonar.

El ecógrafo

Un ecógrafo es un aparato transductor que permite transformar señales eléctricas en acústicas y viceversa. A partir de su utilización, es posible obtener imágenes del interior del cuerpo humano mediante la reflexión de pulsos de ultrasonido.

Uno de los principales usos del ecógrafo es el seguimiento del desarrollo embrionario al interior de la madre. De esta forma se pueden detectar posibles malformaciones durante la gestación.

Actualmente, se obtienen imágenes en 3D y 4D del interior del cuerpo humano. Las ecografías Doppler permiten observar, en distintas tonalidades, el movimiento de los fluidos del cuerpo humano.

Ayuda

Una ecografía en 4D corresponde a una imagen en tres dimensiones que, además, captura el movimiento en tiempo real.

↑ Las ecografías en 3D permiten analizar con mayor detalle el desarrollo del feto.

Otras aplicaciones del ultrasonido

Aplicaciones médicas

Las terapias ultrasónicas son ampliamente utilizadas en medicina. Probablemente, la litotricia sea la principal técnica de terapia con ultrasonidos. Esta consiste en la destrucción de cálculos (pequeñas piedras) situados en el riñón, la vejiga o la vesícula, mediante la aplicación de ondas ultrasónicas que los destruyen.

El ultrasonido también es utilizado en el tratamiento de afecciones musculares y la tendinitis. En la imagen de la derecha se muestra la utilización de ultrasonido en fisioterapia.

Aplicaciones industriales

Los ultrasonidos tienen importantes aplicaciones en la industria, según sus valores de frecuencia e intensidad.

- Los **ultrasonidos de baja intensidad** se utilizan para detectar posibles fallas en el espesor de materiales sólidos.
- Los **ultrasonidos de alta intensidad** se usan para la esterilización de material de laboratorio, ya que permiten la destrucción de bacterias y otros microorganismos.
- Los **ultrasonidos de muy alta intensidad** permiten realizar soldaduras metálicas y modelado de figuras (ver imagen de la derecha).

Aplicaciones en el tratamiento de alimentos

En el tratamiento de productos alimenticios, en los últimos años, se ha desarrollado una técnica consistente en la aplicación de ultrasonidos. El procedimiento se llama **procesado mínimo** y sirve para destruir los microorganismos que descomponen los alimentos sin modificar la apariencia externa de estos. Las ondas ultrasónicas destruyen la membrana celular de los microorganismos y, en consecuencia, esterilizan los alimentos. Dicha técnica aún no se encuentra completamente desarrollada, dado que no todos los alimentos conducen eficientemente las ondas ultrasónicas.

Sintetiza

En esta lección has estudiado las ondas sonoras. Con las nociones y conceptos esenciales presentados en la lección, elabora un mapa conceptual que muestre cómo estos se relacionan e integran entre sí.

El estudio de las ondas y el sonido en la historia

A lo largo de la historia, el estudio del sonido y las ondas ha sido una pieza fundamental para el desarrollo de la física. En la Grecia clásica, Pitágoras (582-507 a. C.) descubrió las leyes que rigen los intervalos regulares en una escala musical. Es importante destacar que en aquella época las escalas musicales eran diferentes a las que conocemos en la actualidad. De todos modos, sus estudios matemáticos sobre las escalas sentaron las bases de la conformación del sistema tonal de Occidente. Siglos más tarde, Aristóteles comprobó que el sonido consistía en una serie de contracciones y expansiones del aire.

En la pintura *La escuela de Atenas*, de Rafael Sanzio, se representan los principales pensadores de la Grecia clásica.

Durante la Revolución Científica, Galileo Galilei (1564-1642) y Marin Mersenne (1588-1648) estudiaron de manera independiente las leyes de una cuerda vibrante, continuando, de esta manera, el trabajo iniciado por Pitágoras 2000 años antes. Galileo afirmó que las ondas sonoras son producidas por la vibración de un cuerpo, se propagan por el aire y llegan hasta el oído.

Galileo Galilei

El físico y matemático inglés Isaac Newton (1642-1727) determinó una expresión matemática para la velocidad de una onda en un sólido, la que se convirtió en uno de los pilares fundamentales de la acústica.

Isaac Newton

Siglo V a. C.

En el mundo

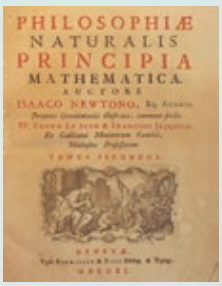
En esa época, Grecia vivió una era de apogeo denominada el siglo de Pericles. En Egipto, en cambio, finaliza la ocupación persa. En China, el fin de la dinastía Chou da inicio al período de los Reinos Combatientes. En América del Norte entra en decadencia la cultura Olmeca.

Escultura de piedra de la cultura Olmeca.

Siglos XVII a XVIII

En el mundo

El siglo XVII es denominado el siglo de la física por los aportes realizados por Galileo, Descartes y Newton, introduciendo el pensamiento mecanicista. El siglo XVIII es denominado el Siglo de las Luces, debido a que se consolida el movimiento intelectual conocido como la Ilustración.



En 1687 se publica uno de los principales textos científicos de la historia, *Los principios matemáticos de la filosofía natural*, de Isaac Newton.

Durante el siglo XIX, el médico y físico alemán Hermann von Helmholtz (1821-1894) consolidó la acústica fisiológica. En tanto, en Inglaterra, Lord Rayleigh (1842-1919) sintetizó siglos de estudios en el ámbito de las ondas sonoras en su obra *La teoría del sonido*.

Lord Rayleigh

Durante el siglo XX comienzan a aparecer una gran cantidad de aplicaciones tecnológicas relacionadas con las ondas sonoras. El físico estadounidense Wallace Clement Sabine (1868-1919) funda el campo de la física arquitectónica.

Se inventan una serie de aparatos que transforman energía eléctrica en energía sonora (transductores), como sonares, teléfonos y aparatos de ultrasonido para medicina.

Hoy en día, el estudio de las ondas sonoras ha generado incontables aplicaciones, como el tratamiento médico, las telecomunicaciones, la exploración submarina, el tratamiento de alimentos, el estudio de fenómenos geológicos y atmosféricos e incluso el estudio de estructuras fuera de nuestro planeta.

Siglo XIX

En el mundo

El mundo experimenta importantes cambios. La economía es impulsada por dos revoluciones industriales, las que, a su vez, propiciarán cambios sociales.

En Chile

A comienzos del siglo XIX ocurrieron acontecimientos que posibilitaron el proceso de independencia de Chile, como la formación de la Primera Junta Nacional de Gobierno.

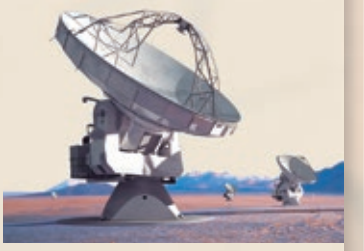
Siglo XX

En el mundo

Durante el siglo XX la ciencia y la tecnología producen importantes cambios en la calidad de vida de las personas. A fines del siglo XX y comienzos del XXI, se constatan evidencias del cambio climático debido a la actividad humana.

En Chile

Durante el siglo XX Chile experimenta un importante desarrollo económico, que lo lleva a constituirse como una de las economías más sólidas de la región. En el siglo XXI Chile ha concentrado, a nivel mundial, una importante actividad astronómica.



Observatorio ALMA

Actualidad

Reflexiona

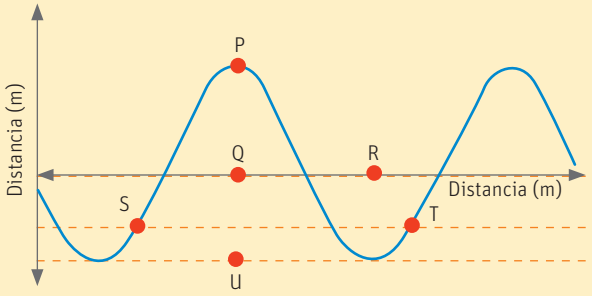
¿Cómo piensas que influye la sociedad de una determinada época, en el desarrollo de la ciencia? Explica.

INTEGRA tus nuevos aprendizajes

Para que sepas cómo va tu proceso de aprendizaje, te invitamos a realizar las siguientes actividades.

Aprendiendo a responder

Analiza la siguiente pregunta modelada.



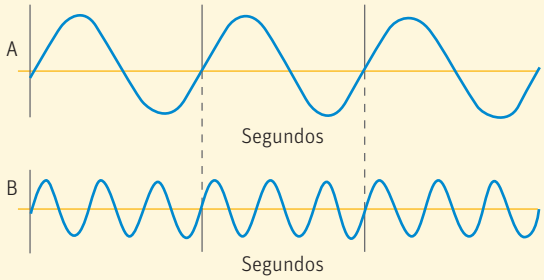
El gráfico de la izquierda representa una onda sonora, emitida por un instrumento musical. Si tanto en el eje horizontal como en el vertical se miden distancias, ¿cuál es la longitud del trazo que coincide con la longitud de onda?

Antes de responder, debemos reconocer que en el gráfico se pueden unir diferentes puntos y, con ello, se genera una multiplicidad de trazos, por ejemplo, los trazos SP, PQ, QR, PU, ST, entre otros. Sin embargo, debemos recordar que la longitud de onda corresponde a la distancia entre dos puntos consecutivos de una onda, que se comportan de igual forma o poseen la misma fase. Así, la longitud del trazo que cumple con dicha condición es ST, ya que coincide con la longitud de onda.

Ahora tú

Analiza

1. Fernando observa la representación gráfica de dos sonidos emitidos por un mismo instrumento musical.



¿Podría Fernando, al analizar los dos gráficos, saber cuál de los sonidos es más agudo? Justifica.

Aplica

2. Un aparato especial de medición de ondas de sonido detecta una onda cuya frecuencia es de 200 Hz y que se propaga con una rapidez de 355 m/s. A partir de esta situación, responde:

a. ¿Es perceptible por el oído humano dicha onda? Justifica.

b. ¿Cuál es el período y la longitud de onda?

Evalúa

3. Verónica completa una tabla donde entrega ejemplos sobre algunos fenómenos que experimentan las ondas sonoras:

Fenómeno	Ejemplo
Absorción	Al interior de una sala con muros de concreto y con un techo muy alto, se percibe eco.
Reflexión	Los muros de un estudio de grabación se recubren con una capa gruesa de espuma plástica.
Transmisión	Al golpear un riel de una vía férrea, el sonido puede recorrer grandes distancias.

Para cada uno de los fenómenos, ¿son correctos los ejemplos propuestos por Verónica? De no ser así, ¿cómo se deberían ordenar?

Clasifica

4. Según los criterios señalados en la tabla, ¿cómo se clasifica una onda sonora? Marca con ✓.

Criterio	Clasificación	
Medio de propagación	Electromagnética	Mecánica
Forma de propagación	Longitudinal	Transversal

Aplica

5. Mediante un programa computacional, Sebastián diseña un instrumento musical en su computadora. ¿Cuál de los siguientes parámetros permitirá que su instrumento posea una mayor cantidad de notas musicales (o tesitura)? Marca con un ✓.

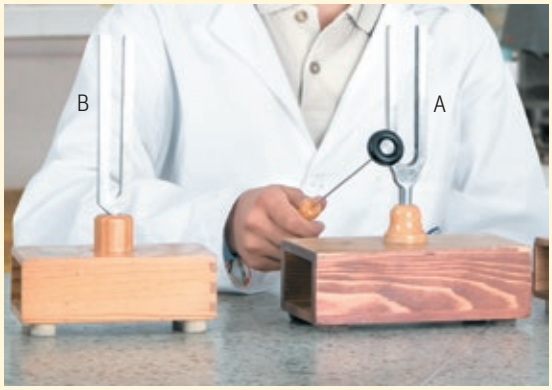
La forma de las ondas disponibles.	La cantidad de frecuencias disponibles.	La amplitud de las ondas.
○	○	○

Crea

6. Europa es una luna de Júpiter, cuya superficie se encuentra congelada, pero se presume que bajo ella se encuentra un océano de agua líquida. Diseña un dispositivo (imaginario) que utilice ondas sonoras y que pueda cartografiar el fondo de aquel océano. ¿Qué tipo de ondas debería utilizar el dispositivo? Realiza un esquema de él.

Explica

7. Cuando Patricia golpea un diapasón A, el diapasón B comienza a vibrar, tal como se representa en la imagen.



a. ¿Qué condición(es) es (son) necesaria(s) para que el diapasón B comience a vibrar?

b. ¿Cómo se denomina dicho fenómeno?

¿Cómo vas?

Revisa tus respuestas en el solucionario y según los resultados que hayas obtenido, marca con ✓ el nivel de desempeño correspondiente. Pídele ayuda a tu profesor o profesora.

Indicador	Ítems	Habilidades	Nivel de desempeño
Identifico las propiedades y las características de las ondas sonoras.	1, 2, 3, 4 y 7	Analizar, aplicar, evaluar, clasificar y explicar.	**L**: cinco o cuatro ítems correctos. ☐ **ML**: tres o dos ítems correctos. ☐ **PL**: uno o ningún ítem correcto. ☐
Utilizo las ondas sonoras para resolver creativamente situaciones propuestas.	5 y 6	Aplicar y crear.	**L**: dos ítems correctos. ☐ **ML**: un ítem correcto. ☐ **PL**: ningún ítem correcto. ☐
L = Logrado; **ML** = Medianamente logrado; **PL** = Por lograr			

- ¿Qué contenidos estudiados hasta el momento te han resultado más fáciles?, ¿cuáles más difíciles?
- ¿Qué habilidad(es) debes reforzar?
- ¿Estás cumpliendo con las metas que te propusiste al inicio de la unidad? Indaga qué estrategias de estudio le han dado resultado al resto de tus compañeros.
- De las actitudes trabajadas en las distintas actividades de la lección, ¿cuál(es) piensas que debes mejorar?
- ¿Has podido responder alguna de las preguntas que planteaste en la sección *Antes de comenzar*?
- Pídele a un(a) compañero(a) que revise tu evaluación y haz lo mismo con la de él (ella).

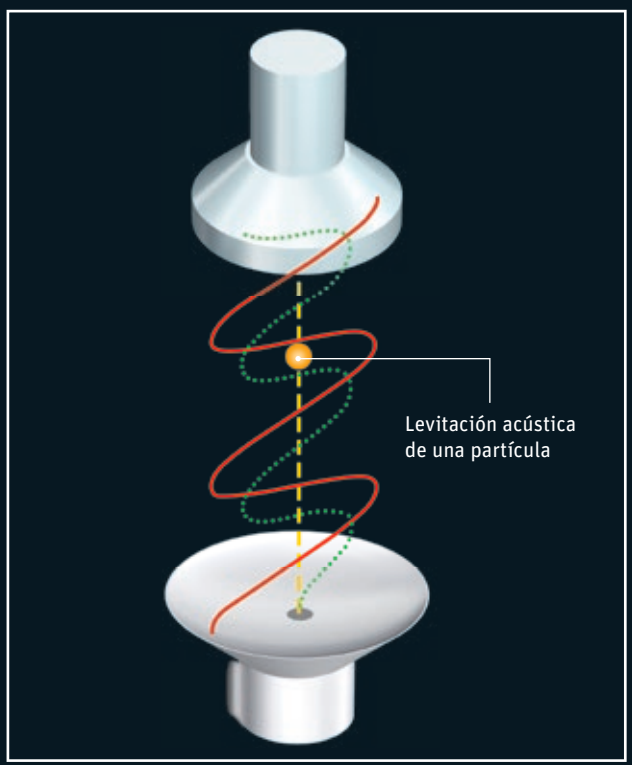
Creando MAPAS RUIDO

CIENCIA en CHILE

Uno de los principales contaminantes presentes en las grandes ciudades del mundo, es el ruido. Este afecta la salud y genera un deterioro en la calidad de vida de las personas que se exponen a él. Para analizar las posibles medidas de control del ruido ambiental, es necesario disponer de información real y confiable de los niveles de ruido presentes en las diferentes zonas de una ciudad. En Chile, investigadores de la Universidad Austral junto al Ministerio de Medio Ambiente, han realizado una serie de "mapas de ruido" en ciudades como Coquimbo, Valdivia, Temuco y el Gran Santiago. Los mapas de ruido se realizan utilizando instrumentos de medición especializados y *software* de modelación; la información que a partir de ellos se obtiene permite identificar las principales fuentes de contaminación sonora y diseñar medidas de mitigación. A su vez, el análisis de los resultados requiere un cruce de información, estableciendo recomendaciones y lineamientos estratégicos para el control del ruido ambiental.

Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, 2012

Levitando a través de ONDAS SONORAS



La levitación acústica es un fenómeno físico que se relaciona con la utilización del infrasonido o ultrasonido para suspender un objeto en el aire sin la necesidad de contacto con otro.

Hasta el año pasado no se había podido realizar una levitación simultánea, ni mucho menos manipular el movimiento de los objetos. Sin embargo, un grupo de ingenieros mecánicos del Instituto Federal Suizo de Tecnología (ETH) lo ha conseguido. Esto ha sido posible gracias a la construcción de plataformas cristalinas, las que al ser encogidas o estiradas de acuerdo a la tensión que se les aplica logran neutralizar la gravedad, permitiendo que los objetos leviten.

Si bien desde hace un tiempo la levitación acústica se utiliza en la industria farmacéutica, se espera que este nuevo dispositivo tenga usos prácticos en la manipulación de reactivos químicos, dado que evita que se contaminen mediante el contacto con un recipiente, y en la manipulación de sustancias peligrosas de manera segura.

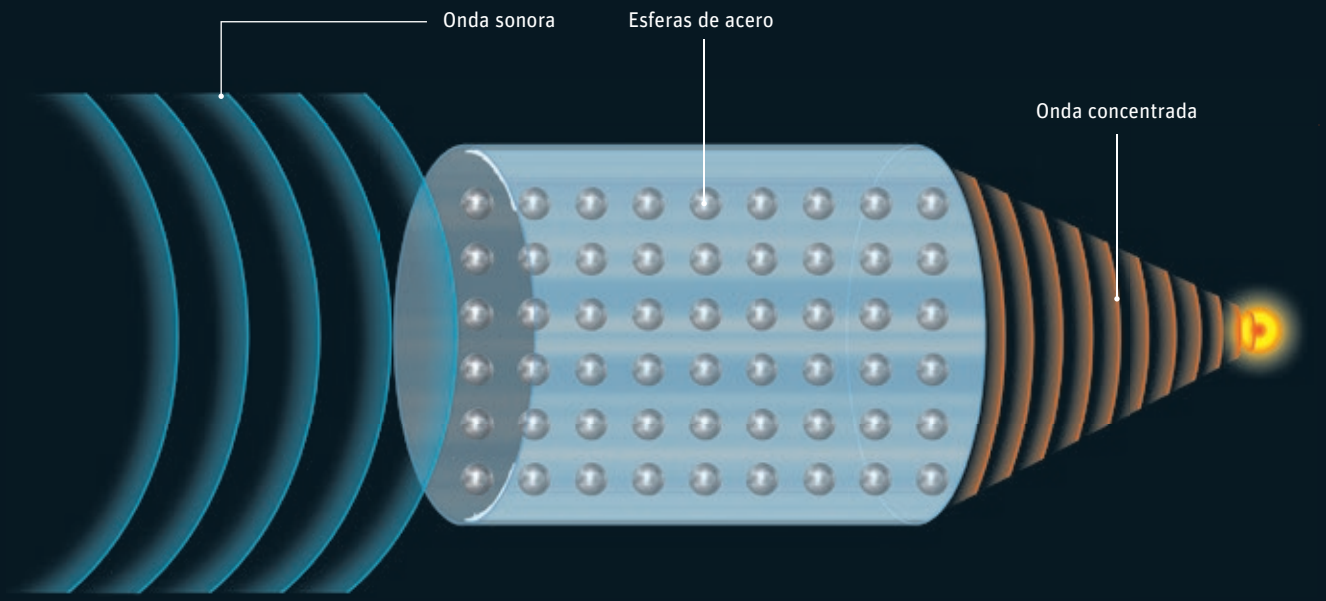
Fuente: http://science.howstuffworks.com/

LENTES ACÚSTICAS: potenciando las ondas sonoras

La manipulación de las ondas sonoras ha facilitado el desarrollo de tecnologías de gran importancia, entre las que destacan las ecografías. En el Instituto Tecnológico de California (Caltech), se ha creado un tipo de lente acústico que permite aumentar la potencia de las ondas sonoras.

El lente concentra el sonido de forma similar a como un lente óptico concentra la luz. En vez de utilizar cristales o espejos, los expertos han diseñado un lente utilizando muchas filas de esferas de acero inoxidable. En lugar de lanzar ondas sonoras hacia el lente, lo que se hace es golpear la primera esfera de cada fila, para así enviar una onda de presión a lo largo de cada una de ellas.

Dada la capacidad de concentrar las ondas sonoras con estas lentes, se espera desarrollar "proyectiles sónicos", los que permitirían, por ejemplo, incrementar la temperatura en algún tejido humano mediante la energía acústica. Así sería posible realizar cirugías no invasivas y de gran precisión, con lo que se lograría no dañar tejidos próximos a las zonas en tratamiento.



Fuente: Revista *Investigación y ciencia*, agosto 2012

Reflexiona

Reúnanse en grupos de tres o cuatro integrantes y trabajen en torno a las siguientes preguntas:

a. ¿Por qué es importante que se realicen mapas de ruido en las distintas ciudades de Chile?

b. ¿En qué otras áreas consideras que podrían ser de gran utilidad las lentes acústicas?

c. ¿Qué importancia le asignas al desarrollo de nuevas tecnologías en el tratamiento de enfermedades? Explica.

SINTETIZA tus aprendizajes

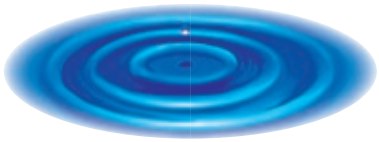
A continuación, se presenta una síntesis con las nociones esenciales, las habilidades y las actitudes desarrolladas a lo largo de la unidad.

Nociones esenciales

Lección 1: Fenómenos ondulatorios

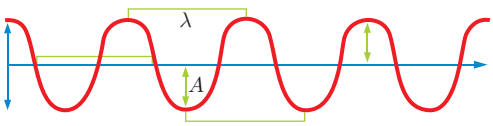
Onda

Es una perturbación del medio (material o no) que al propagarse no transporta materia, sino energía.



Su representación posee:

Elementos espaciales: que son la longitud de onda (λ) y la amplitud (A).



Elementos temporales: que son la frecuencia (f), el período (T) y la rapidez (v).

Algunas de sus propiedades son:

Se clasifican en:

Mecánicas y electromagnéticas
(según el medio de propagación).

Longitudinales y transversales
(según la dirección de oscilación de las partículas o del campo electromagnético y de la propagación de la perturbación).

Unidimensionales, bidimensionales y tridimensionales
(según en que dimensiones se produce la propagación del frente de ondas).

La reflexión: corresponde al redireccionamiento de una onda cuando incide en el límite de separación de dos medios diferentes, volviendo al medio original de propagación.

La refracción: es el cambio de velocidad de una onda cuando pasa de un medio de propagación a otro.

La difracción: se produce cuando una onda atraviesa una abertura o se desvía al enfrentar un borde.

Habilidades y actitudes

Lección 1

Habilidad

Análisis del desarrollo de alguna teoría o concepto relacionado con los temas de estudio.

Actitud

Mostrar interés por conocer la realidad al estudiar los fenómenos abordados en la unidad.

Lección 2

Habilidad

Procesar e interpretar datos y formular explicaciones.

Actitud

Mostrar perseverancia, rigor y cumplimiento.

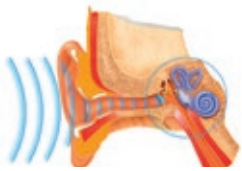
Lección 2: El sonido

El sonido

Para que un cuerpo u objeto emita sonido, debe producirse en él algún tipo de vibración que se propague en un medio elástico. El sonido es una onda mecánica y longitudinal.

El ser humano lo percibe mediante:

El oído, que es un transductor mecano-eléctrico, ya que transforma ondas sonoras en impulsos nerviosos.



El rango auditivo del ser humano va de los 20 Hz a los 20 kHz.

Algunas de sus propiedades son:

Sus características son:

Intensidad: nos indica cuán "fuerte" o "débil" se percibe un sonido.

Tono: es la característica de un sonido que permite clasificarlo en agudo o grave.

Timbre: es la característica que permite diferenciar dos sonidos de igual intensidad y tono.

Como el sonido es una onda, experimenta **reflexión**, **refracción** y **difracción**. Además, las ondas sonoras pueden ser **absorbidas** por determinadas superficies o hacer que ciertas estructuras entren en **resonancia**. Cuando una fuente sonora se encuentra en movimiento relativo respecto de un receptor, se experimenta el **efecto Doppler**.

Sintetiza

Para conocer otras formas de organizar y relacionar las nociones esenciales, revisa la página 238 del anexo, y completa el siguiente organizador.

El sonido y las ondas

El sonido se produce a partir de vibraciones de cuerpos u objetos, y se propaga como una onda longitudinal.

El esquema sugerido es solo referencial, puedes modificarlo añadiendo todas las ramas que consideres pertinentes.

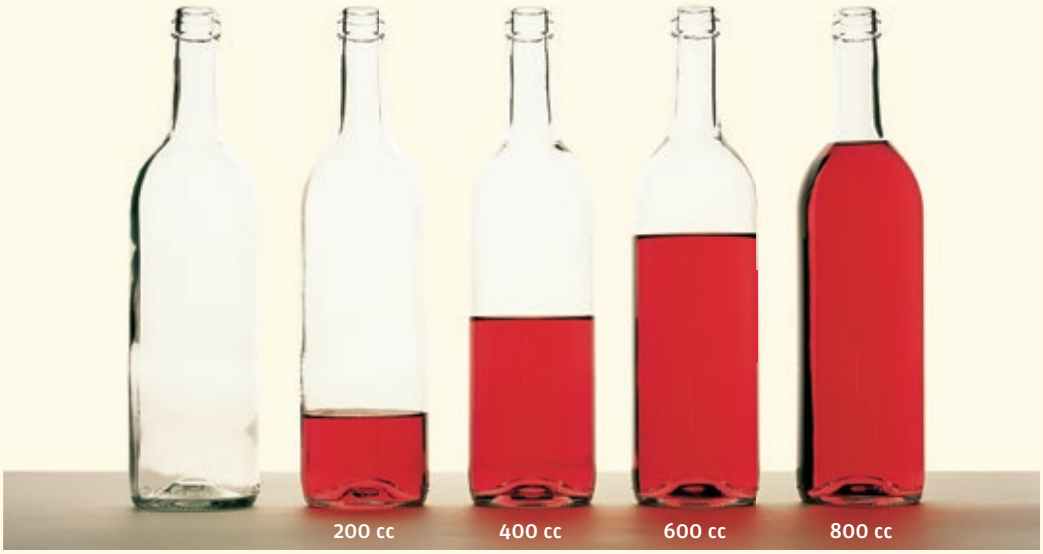
CONSOLIDA tus aprendizajes

Para que sepas cómo se han integrado tus conocimientos y habilidades, te invitamos a realizar las siguientes actividades.

Desarrolla tus conocimientos y habilidades

Lee y analiza la siguiente situación experimental. Luego, desarrolla los procedimientos (1 al 4) que se presentan a continuación.

Elizabeth, junto a un grupo de compañeros, construye un instrumento musical (xilófono casero) empleando cinco botellas de igual tamaño, a las que agregan agua con colorante. Cada una de las botellas contiene 200 cc de agua más que la anterior, tal como se muestra en la siguiente imagen.



Cuando golpean cada una de las botellas con un lápiz, se producen sonidos de diferentes tonos.

1. Explica

a. ¿Por qué al golpear una botella se produce un sonido?

b. ¿De qué manera se transmite dicho sonido por el aire?

c. ¿Cómo se clasifica una onda sonora que se propaga por el aire? Completa la siguiente tabla marcando con un ✓ donde corresponda.

Criterio	Clasificación	
Según medio de propagación.	Mecánica	Electromagnética
Según forma de vibración y propagación.	Transversal	Longitudinal
Según dirección(es) de propagación.	Bidimensional	Tridimensional

2. Analiza

Elizabeth y sus compañeros notan que a medida que golpean las botellas (desde la que se encuentra vacía hasta la que contiene una mayor cantidad de agua), los tonos originados son cada vez más agudos. En relación con esto, responde:

a. ¿Cómo varía la frecuencia de los sonidos a medida que las botellas son golpeadas de izquierda a derecha? ¿Cómo explicarías lo anterior?

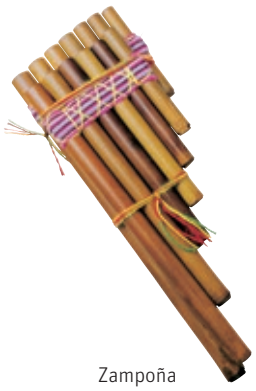
b. Como el sonido es una onda, se cumple la siguiente relación: $v = \lambda \cdot f$. Además, considerando que la velocidad del sonido, en este caso, se mantiene constante y que la frecuencia aumenta a medida que se golpean las botellas (de izquierda a derecha), ¿cómo varía la longitud de onda en el instrumento musical?

c. Si la frecuencia del sonido producido en la botella que contiene 800 cc de agua es de 400 Hz, ¿cuál es la longitud de onda de dicho sonido? Considera la velocidad del sonido igual a 340 m/s.

3. Aplica

A partir del análisis del instrumento musical construido por Elizabeth, explica cómo funcionan los siguientes instrumentos musicales.

a.



Zampoña

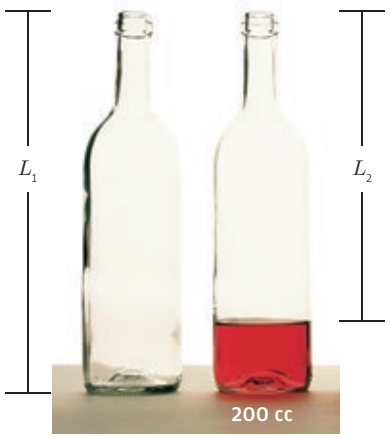
b.

Xilófono

4. Evalúa

a. ¿Qué debería hacer el grupo de trabajo de Elizabeth para que su instrumento musical les permita generar una mayor cantidad de tonos? Explica.

b. ¿Qué relación existe entre la longitud de la cavidad con aire al interior de la botella (altura L) y la frecuencia del sonido que se produce al golpearla? Observa la imagen de la derecha.

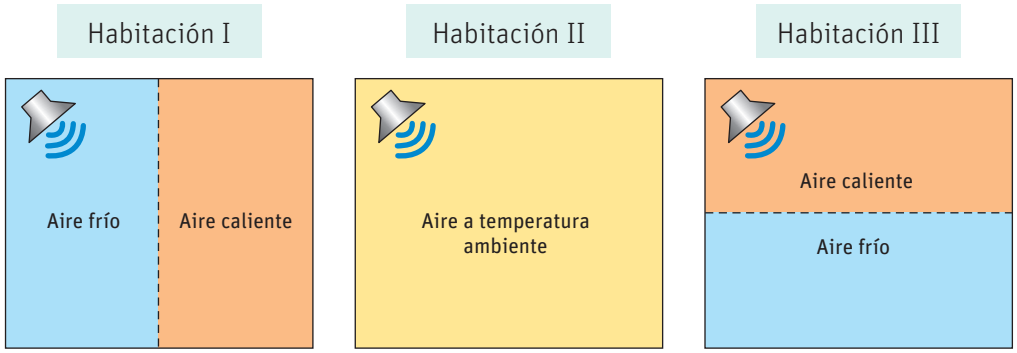


Recurso digital complementario

Pon a prueba tus conocimientos y habilidades

Predice

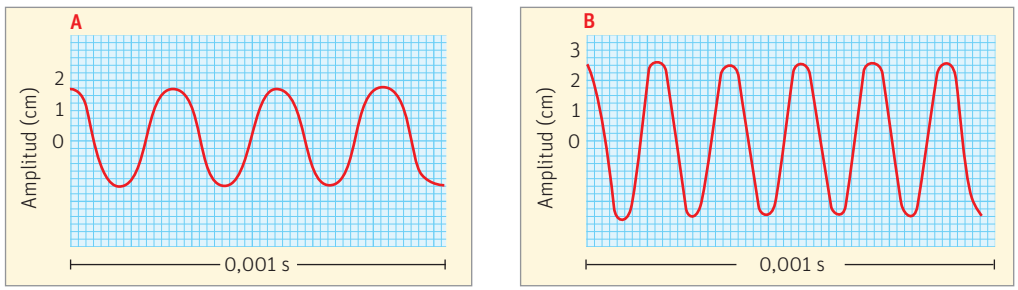
5. Una misma onda sonora se propaga en tres habitaciones, cuya distribución de temperatura se representa en los siguientes esquemas:



¿En cuál(es) habitación(es) la onda sonora experimentará refracción? Justifica tu respuesta.

Analiza

6. Los siguientes gráficos (A y B) representan las ondas sonoras de dos diapasones.



a. ¿Cuál de las ondas tiene una mayor amplitud?, ¿cuál una menor longitud de onda?

b. ¿Cuál es el período y frecuencia de cada una?

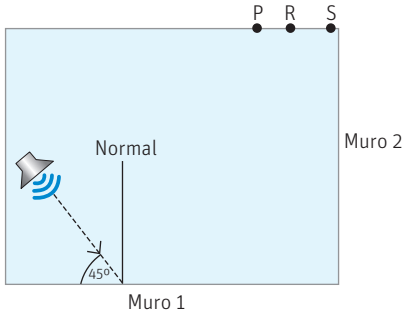
Explica

7. Carolina escucha simultáneamente el sonido producido por dos instrumentos musicales, una flauta y un violín. Si ambos instrumentos emiten la misma nota musical y con igual intensidad, ¿qué característica del sonido le permite diferenciar la flauta del violín?, ¿qué propiedad de las ondas explica dicha característica?

Aplica

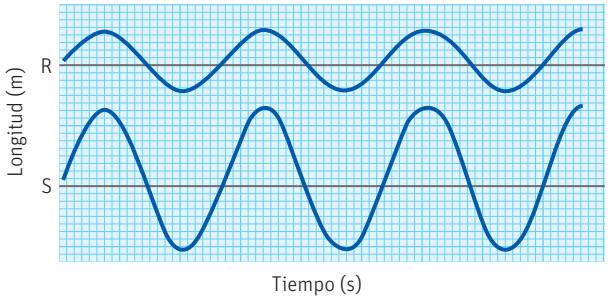
8. Una onda sonora se emite al interior de una habitación rectangular, cuyos muros la reflejan con gran eficiencia (observa el esquema inferior).

Si la onda incide sobre el muro 1 en un ángulo de 45° y luego se refleja en el muro 2, ¿en qué punto (P, R o S) se percibirá un sonido de mayor intensidad? Justifica tu respuesta.



Analiza

9. Sebastián analiza los gráficos representativos de dos ondas sonoras (R y S) que son percibidas en un mismo punto.



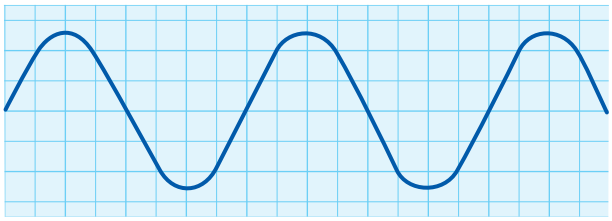
¿Cuál de las ondas sonoras es más intensa? Justifica tu respuesta.

Explica

10. ¿Cómo le explicarías a un amigo por qué, en una tormenta eléctrica, la luz del relámpago se percibe antes que el sonido del trueno?

Aplica

11. Un grupo de científicos obtiene el siguiente gráfico de una onda sonora:



Si el lado de cada cuadradito es de 1,5 cm, entonces:

a. ¿Cuál es la longitud de onda?

b. ¿Cuál es la amplitud de la onda?

c. ¿Cuál es el período de la onda, considerando que la velocidad del sonido es 340 m/s?

Para cerrar

Revisa tus respuestas en el solucionario y según los resultados que hayas obtenido, marca con ✓ el nivel de desempeño correspondiente. Pídele ayuda a tu profesor o profesora.

Indicador	Ítems	Habilidades	Nivel de desempeño
Reconocí y expliqué el origen y las características del sonido.	1, 3, 7, 9 y 10	Explicar, aplicar y analizar.	**L**: cuatro o cinco ítems correctos. ☐ **ML**: tres ítems correctos. ☐ **PL**: menos de tres ítems correctos. ☐
Analicé y apliqué las propiedades ondulatorias del sonido.	2, 4, 5, 6, 8 y 11	Analizar, evaluar, predecir y aplicar.	**L**: seis o cinco ítems correctos. ☐ **ML**: cuatro ítems correctos. ☐ **PL**: menos de cuatro ítems correctos. ☐
L = Logrado; **ML** = Medianamente logrado; **PL** = Por lograr			

- ¿Qué aprendiste en esta unidad?, ¿qué conceptos te gustaría profundizar?
- Con el fin de alcanzar los aprendizajes que vienen, ¿qué habilidad(es) debes mejorar?
- ¿Fue efectiva la planificación de tu trabajo? Explica.
- ¿Pudiste cumplir con las metas que te propusiste al inicio de la unidad? De no ser así, ¿a qué lo atribuyes?
- ¿Cuál(es) de las actitudes trabajadas en las distintas actividades de la lección debes fortalecer?

Unidad

2 LA LUZ

La luz, al igual que el sonido, es uno de los fenómenos físicos relacionados con nuestra percepción. Mediante ella podemos distinguir formas y colores. También la luz es energía, lo que podemos comprobar cada vez que sentimos en nuestra piel el calor que nos llega del sol. En la naturaleza la luz se manifiesta de distintas maneras: en un relámpago, en las estrellas, en el fuego, incluso existen algunos seres vivos, como las luciérnagas, que emiten luz a partir de procesos químicos. ¿Por qué piensas que es importante para ti, conocer y comprender acerca de los fenómenos asociados a la luz?

Propósito de la unidad

La unidad **La luz** tiene como propósito que comprendas el mundo que te rodea y, además, que alcances tus propias metas respecto a los aprendizajes propuestos. Con ese fin, en la presente unidad se desarrollan una serie de actividades en la que se articulan conceptos, habilidades y actitudes.

Observa la imagen. Luego, responde las siguientes preguntas:

1. ¿Por qué la imagen del volcán se ve invertida sobre la superficie del lago?
2. ¿Cómo piensas que se forman los arcoíris?
3. ¿Qué instrumentos ópticos reconoces en la escena?

¿Qué vas a aprender?		¿Para qué?
Lección 3: ¿QUÉ ES Y CÓMO SE COMPORTA LA LUZ?		
Noción	• La evolución del concepto de luz y sus características ondulatorias.	• Valorar el desarrollo histórico de conceptos y teorías.
Habilidad	• A identificar problemas, hipótesis y procedimientos experimentales.	• Comprender que la ciencia es una herramienta para conocer el mundo.
Actitud	• A mostrar perseverancia, rigor y cumplimiento.	• Alcanzar éxito en el proceso de aprendizaje.
Lección 4: LA LUZ Y SUS APLICACIONES		
Noción	• Las aplicaciones de la luz.	• Comprender cómo la ciencia influye en la forma en que vivimos.
Habilidad	• A procesar e interpretar datos y formular explicaciones.	• Emplear procedimientos científicos.
Actitud	• A mostrar interés por conocer la realidad al estudiar fenómenos naturales.	• Valorar la manera en que la ciencia describe la naturaleza.

ACTIVA tus aprendizajes previos

Antes de comenzar el desarrollo de la unidad explora, a través de las siguientes actividades, tus ideas respecto de las temáticas que abordaremos.

Contaminación lumínica en Chile

Probablemente, cada vez que escuchamos acerca de la contaminación, se nos viene a la mente la idea de basurales o medios con un alto grado de polución. Sin embargo, el concepto de contaminación es mucho más amplio, ya que permite comprender cómo los ambientes son influidos negativamente por determinados factores. ¿Qué piensas que es la contaminación lumínica? La contaminación lumínica corresponde al resplandor o brillo producido por la difusión de la luz artificial, la que disminuye la oscuridad de la noche, haciendo que se reduzca progresivamente la luz de las estrellas.

Debido a este tipo de contaminación, en muchas de las ciudades de Chile es prácticamente imposible observar los astros en la noche. Este fenómeno también dificulta el trabajo de los observatorios astronómicos, por lo que deben ubicarse lejos de los centros urbanos.

En la actualidad, Chile es el único país del mundo que cuenta con una norma de emisión para la regulación de la contaminación lumínica (1998). Esta tiene por objetivo prevenir este problema en los cielos de la II, III y IV regiones, de manera de proteger su calidad visual y evitar deterioros en el futuro.

Fuente: www.sinia.cl

↑ Parte de la ciudad de Santiago vista de noche.

- ¿Qué conceptos, relacionados con la luz, piensas que son necesarios para comprender la lectura? Menciónalos.

- ¿Qué efectos negativos crees que ha generado la contaminación lumínica en las ciudades?, ¿cómo se podrían disminuir?

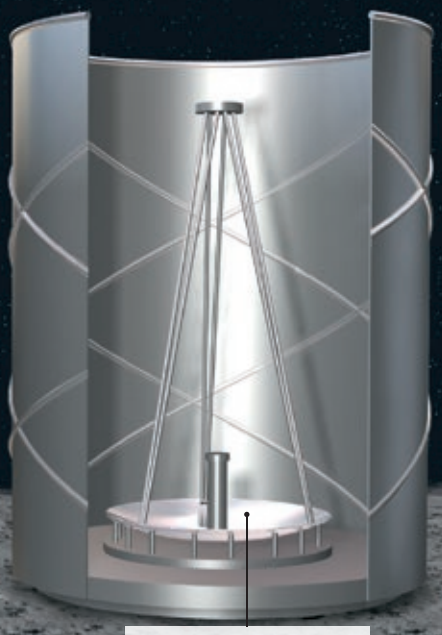
- ¿Qué medidas de mitigación se pueden implementar para disminuir la contaminación lumínica?

Telescopio de espejo líquido en la Luna

Los telescopios reflectores utilizan un espejo parabólico para captar una gran cantidad de luz y dirigirla a un pequeño punto. Mientras más grande sea el espejo, mayor es la cantidad de luz que se concentra y, por lo tanto, se pueden distinguir mejor los objetos de baja luminosidad.

Para producir un espejo parabólico se requiere mucho trabajo ya que es necesario pulir una gran superficie de vidrio. Sin embargo, también se pueden crear espejos parabólicos con líquido. La construcción de este tipo de espejos se ha llevado a cabo utilizando mercurio, el que se hace girar con una rapidez relativamente baja; el giro homogéneo del mercurio hace que este adopte una forma cóncava (similar a la de un espejo de un telescopio reflector). Se espera que en las próximas décadas se instale un telescopio de este tipo en la Luna, dado que las condiciones atmosféricas que posee nuestro satélite natural favorecen la observación astronómica.

Fuente: http://ciencia.nasa.gov/science-at-nasa/2008/09oct_liquidmirror/



- ¿Qué conceptos relacionados con la luz, y que se mencionan en la noticia, te resultan familiares? Escríbelos.

¿Cómo se mueve la luz?

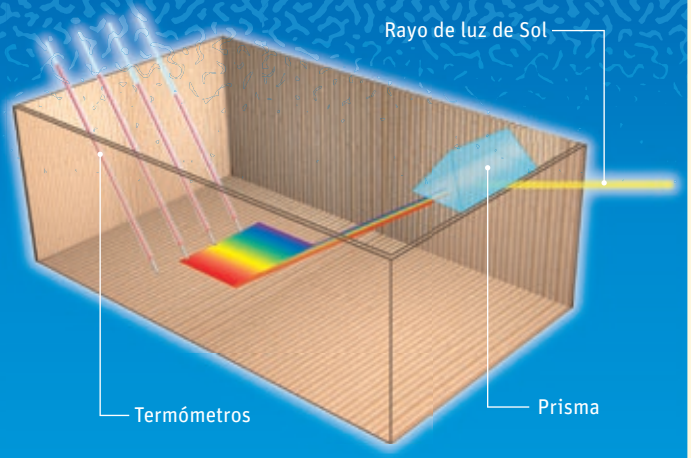
José Luis lee en una revista científica que la luz puede ser transmitida a través de la fibra óptica, la cual corresponde a un fino cable de vidrio muy flexible. Dado que, en clases de Ciencias, José Luis estudió que la luz se mueve en línea recta, él se pregunta ¿cómo es posible que un haz de luz viaje a través de un cable de fibra óptica, cuando este se encuentra doblado?

- Respecto de la pregunta planteada por José Luis, propón una hipótesis.

Recurso digital complementario

Analizando procedimientos científicos

Pamela y Felipe se preguntaron si los colores de los que está compuesta la luz del Sol, al iluminar una superficie, elevan su temperatura de forma diferenciada (según cada uno de ellos). Para verificar aquello, diseñaron el siguiente experimento: al interior de una caja cerrada ubicaron cuatro termómetros, uno para medir la temperatura de la superficie iluminada por la luz azul, otro para la luz amarilla, otro para la luz roja y el cuarto termómetro para servir de control (no iluminado con la luz de ningún color). En una abertura de la caja situaron un prisma, para poder descomponer la luz que por allí pasara, tal como se representa en la imagen de la derecha.



Después de diez minutos, registraron la temperatura de los termómetros en la siguiente tabla:

Termómetro	Luz azul	Luz amarilla	Luz roja	Control
Temperatura (°C)	27	28,5	29,4	30,5

- Dado que la temperatura registrada por el termómetro de control arrojó un valor más alto que los otros, ¿qué deberían hacer Pamela y Felipe? Marca con un ✓ la(s) acción(es) que consideres pertinente(s).

Desestimar dicho valor	Repetir el experimento	Tratar de encontrar una explicación
○	○	○

Justifica tu respuesta.

- ¿Qué importancia le asignas a la obtención y al análisis de evidencias en ciencias? Explica.

Antes de comenzar

Cada uno de nosotros tiene diferentes motivaciones, así como distintas formas de aprender. Para indagar acerca de las tuyas, responde las siguientes preguntas.

Descubre tus motivaciones

Considerando los conceptos trabajados en estas páginas y tus ideas previas respecto de la luz, ¿qué te gustaría aprender?, ¿por qué?

Haz un listado con algunas preguntas relacionadas con los fenómenos lumínicos, que te gustaría responder una vez finalizada la unidad.

Planifica tu trabajo

¿Qué metas piensas que te permitirán adquirir, con éxito, las habilidades y conocimientos que se proponen en esta unidad? Haz un listado.

¿Qué estrategias de estudio (organizadores gráficos, resúmenes, esquemas, entre otros) necesitarás para cumplir tus metas? Describe en detalle una de las estrategias que utilizarás.

El espacio disponible en los recuadros es solo referencial.
Si requieres más espacio, utiliza tu cuaderno.

LECCIÓN 3

¿QUÉ ES Y CÓMO SE COMPORTA LA LUZ?

Muchas de las características del mundo que nos rodea las podemos percibir a través de la luz. ¿Por qué es importante que comprendamos acerca de su naturaleza y de sus propiedades? A través del entendimiento de fenómenos como este, podemos dar sentido a muchos de los hechos que observamos en nuestro día a día.

Objetivo
Reconocer y registrar aprendizajes previos.

Habilidades
Analizar resultados.

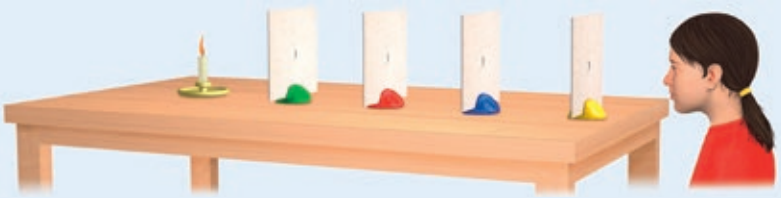
Actitud
Mostrar interés por nuevos conocimientos.

Tiempo
15 minutos.

Me preparo para aprender

Es importante que reconozcas aquello que sabes o piensas en relación a las temáticas que se desarrollarán en esta lección, dado que tus concepciones previas son el cimiento sobre el que se construirán los nuevos aprendizajes.

Alejandra quiere saber cómo se propaga la luz y, para ello, realizó el procedimiento que se describe a continuación: cortó un círculo en el centro de cuatro trozos de cartón iguales. Luego, los fijó sobre una mesa, de modo que los agujeros quedaran de forma alineada. Finalmente, encendió una vela y observó a través del agujero más alejado, tal como se representa en la siguiente imagen:



a. ¿Qué conceptos piensas que están presentes en la experiencia realizada por Alejandra? Escríbelos.

b. ¿Cuáles de las propiedades de las ondas, estudiadas en la unidad anterior, crees que son aplicables a la luz? Explica.

c. ¿Qué habilidades y actitudes piensas que son fundamentales al momento de realizar procedimientos científicos?

La naturaleza de la luz

¿Te has preguntado qué es la luz o de dónde proviene? Estas interrogantes han acompañado al ser humano desde la Antigüedad. Sin embargo, no fue hasta fines del siglo XIX que comenzamos a entender qué era y cómo se producía. Para comprender acerca de la naturaleza de la luz, debemos analizar cómo ha ido cambiando su concepción a lo largo de la historia.

El concepto de la luz a lo largo de la historia

Ya en la Grecia clásica (siglos V y IV a.C.), se teorizaba respecto de la naturaleza de la luz; por ejemplo, la **escuela atomista** proponía que los objetos emitían imágenes que llegaban hasta el alma de las personas a través de los ojos. No obstante, para estudiar la evolución del concepto de luz a lo largo de la historia, situaremos como punto de partida el nacimiento de los primeros modelos formales.

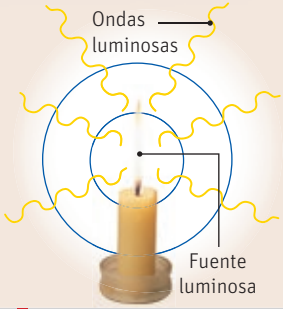
Modelo ondulatorio

A finales del siglo XVII, el físico y matemático holandés Christian Huygens (1629-1695) propuso que la luz tenía un comportamiento ondulatorio, ya que la propagación rectilínea, la reflexión y la refracción (fenómenos observados en la luz) eran perfectamente explicables mediante las ondas.

Las explicaciones que dio Huygens a algunos fenómenos observados en la luz, fueron las siguientes:

- **La luz se propaga en línea recta**. Se puede considerar la luz como un frente de ondas plano que viaja en trayectoria rectilínea.
- **La reflexión de la luz**. Esto se explicaría mediante un modelo matemático, donde cada frente de ondas se comporta de manera equivalente a un rayo de luz.

Cabe mencionar que Huygens consideraba que la luz era una onda longitudinal, al igual que el sonido, y que requería un medio material para propagarse, denominado éter.



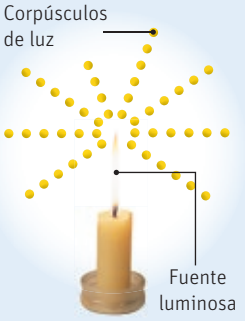
Modelo corpuscular

Al mismo tiempo que Huygens defendía su modelo, el físico inglés Isaac Newton (1643-1727) propuso el modelo corpuscular, donde consideraba que la luz estaba compuesta por diminutas partículas (corpúsculos) emitidas desde una fuente luminosa. Las evidencias presentadas por Newton fueron:

- **La luz se propaga en línea recta**. Los corpúsculos serían como pequeños proyectiles que siguen una trayectoria rectilínea.
- **La formación de sombras**. Se podría interpretar que los corpúsculos son detenidos por los obstáculos.
- **La reflexión de la luz en los objetos**. Al igual que una bola de billar rebota en el canto de una mesa, los corpúsculos rebotan al encontrarse con ciertos obstáculos.

Pese a que el modelo de Newton podía explicar muchos de los fenómenos asociados a la luz, quedaban otros sin resolver, como la refracción y la difracción de la luz (aunque esta última no había sido observada en aquel tiempo).

Dado el prestigio que gozaba Newton en su época, su modelo fue mucho más aceptado que el de Huygens.

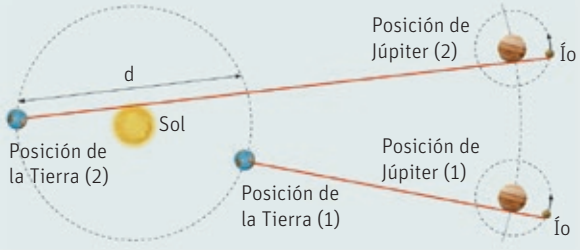


Siglo XVII

➔ Newton perfecciona el telescopio reflector.

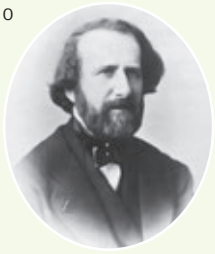
En el año 1675, el astrónomo danés Ole Christensen Roemer (1644-1710) logró realizar la primera medición rigurosa de la rapidez de la luz.

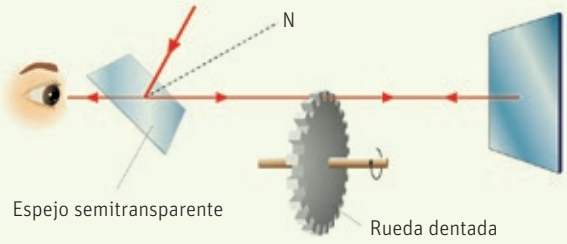
Para ello, utilizó la distancia que hay entre la Tierra y una de las lunas de Júpiter (Ío), en dos posiciones distintas respecto a la órbita terrestre. Roemer conocía el intervalo de tiempo entre los eclipses de las lunas. Entonces, al observar el retraso de un eclipse, lo adjudicó al tiempo que la luz se demoraba en recorrer la distancia (d).



Con los datos recabados, Roemer pudo establecer un valor de $2{,}2 \cdot 10^8$ m/s para la rapidez de la luz.

En el año 1850, el físico y astrónomo francés Armand Hippolyte Fizeau (1819-1896) desarrolló un sistema mecánico para medir la rapidez de la luz. Este consistía en hacer incidir un haz de luz a través de una rueda dentada rotatoria. Cuando la rapidez de rotación alcanzada por la rueda llegaba a cierto nivel, un rayo de luz, que pasaba a través de un orificio de la rueda, era reflejado por un espejo y retornaba al observador, tal como se representa en el siguiente esquema:





Conociendo la distancia entre el espejo y la rueda, la rapidez de rotación y el número de dientes de la rueda, Fizeau pudo determinar que la rapidez de la luz era de $3{,}1 \cdot 10^8$ m/s, solo un 5 % superior al valor aceptado en la actualidad, el cual es $3 \cdot 10^8$ m/s, aproximadamente.

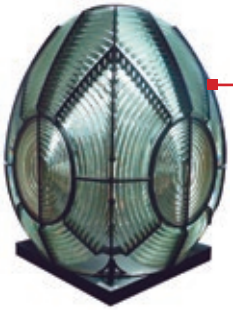
En 1801, el científico inglés Thomas Young (1773-1829) realizó el experimento conocido como "la doble rendija", donde observó que la luz experimentaba difracción e interferencia. Con ello, demostró que la luz era una onda y, de paso, entregó evidencias para descartar el modelo corpuscular.

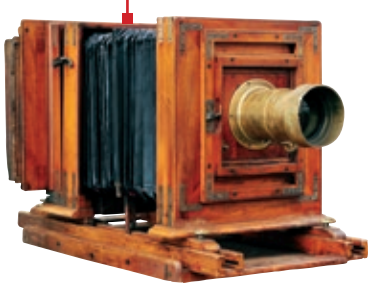
Casi de forma paralela, el físico francés Augustin Fresnel (1788-1827), utilizando cristales romboidales, observó que la luz se polarizaba y, con ello, infirió que la luz era una onda transversal.

Siglo XVII

Siglo XIX

→ En 1822, Fresnel inventa una lente de gran abertura y corta distancia focal conocida como lente de Fresnel. En la imagen, la luz de un faro cubierta por lentes de Fresnel.





← Desde 1826 comienza a utilizarse la cámara fotográfica para registrar imágenes.

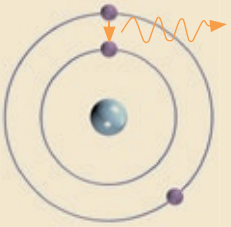
A mediados del siglo XIX, el físico inglés James Clerk Maxwell (1831-1879) planteó su **teoría electromagnética**.

En ella relacionó fenómenos como la electricidad y el magnetismo con la luz. Maxwell realizó un notable desarrollo matemático de su teoría, que resumió en cuatro ecuaciones conocidas como las ecuaciones de Maxwell. Uno de los principales aspectos de la teoría de Maxwell era que las ondas electromagnéticas (entre las que se encuentra la luz visible) se producían por cargas eléctricas aceleradas, o fluctuaciones del campo eléctrico y/o magnético. A partir de esto, se pudo confirmar que las ondas electromagnéticas eran transversales.

Tiempo después, la teoría electromagnética de Maxwell fue demostrada por Heinrich Hertz (1857-1894).

En 1913, el físico danés Niels Bohr (1885-1962), basándose en los estudios de Max Planck y de Rutherford, propuso un nuevo modelo de átomo.

En este, el núcleo, de carga positiva, era orbitado por un electrón de carga negativa. Cuando el electrón salta de una órbita a otra, emite o absorbe un fotón de luz (partícula que cuantifica la energía electromagnética).

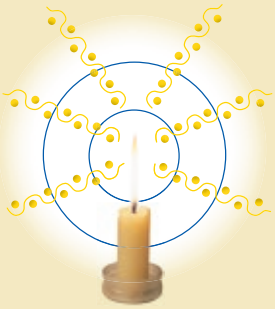


Si un electrón salta de una órbita externa a una más cercana al núcleo, libera energía. Esta, dependiendo de la magnitud del salto, puede ser luz visible o cualquier otro tipo de radiación electromagnética. Finalmente, a partir de este modelo atómico, se comprendió cómo se producía la luz y se retomó el modelo corpuscular de Newton.

Modelo dual

Finalmente, ¿qué modelo se impuso, el de Newton o de Huygens? La verdad es que ambos modelos tienen aspectos que se reconocen en la actual teoría acerca de la luz. La ciencia de hoy admite que la luz puede comportarse como una onda y también como una partícula. ¿Cómo esto es posible? A niveles subatómicos, las partículas pueden tener un comportamiento dual, es decir, en determinadas condiciones actuar como una onda y, en otras, como una partícula.

El modelo que da cuenta de esto es el **modelo dual** o **modelo onda-partícula** y proviene de una rama de la física conocida como mecánica cuántica. No fue propuesto por un científico en particular, sino que representa la síntesis de siglos de observaciones, de experimentos y de teorías respecto de la luz.



Siglo XX hasta la actualidad

➔ En 1916, Albert Einstein establece los fundamentos teóricos para el desarrollo del láser.

➔ Hoy en día, la luz y las ondas electromagnéticas son utilizadas para transmitir todo tipo de información.

Sintetiza y reflexiona

- Respecto a los modelos propuestos por Huygens y Newton, responde:
  - a. ¿Qué planteaban?
  - b. ¿Qué hechos explicaban de manera satisfactoria?, ¿qué no podían explicar?
- En relación con la evolución del concepto de luz, responde:
  - a. ¿De qué manera se construye el conocimiento en ciencias?
  - b. ¿Podría haber surgido el modelo dual sin los estudios que lo precedieron? Explica.
  - c. ¿Qué aspectos diferencian la concepción de la luz propuesta por Maxwell con aquella planteada por la mecánica cuántica?
- Investiga qué otros métodos se utilizan para medir la rapidez de la luz.

El espectro electromagnético

Como estudiamos anteriormente, James Maxwell concluyó que la luz era una onda electromagnética. Esta, dependiendo de su energía, puede clasificarse en diferentes tipos de radiaciones. A este conjunto de ondas se le conoce como **espectro electromagnético**. En el espectro electromagnético, las ondas de menor energía y, por lo tanto, de menor frecuencia y de mayor longitud de onda, se sitúan en un extremo de la franja. En el otro extremo están las ondas de mayor energía y, en consecuencia, de mayor frecuencia y de menor longitud de onda.

Rayos gamma

Son las ondas electromagnéticas de mayor energía. Sus longitudes de onda son menores a los 10^{-11} m. La exposición a elevadas dosis de este tipo de radiación es nociva para los seres vivos, ya que puede atravesar cualquier tejido y, con ello, destruir y alterar el material contenido en el núcleo de las células.

Aplicaciones

Los rayos gamma se emplean para la esterilización de instrumental médico y el tratamiento localizado de ciertos tipos de cáncer.

Rayos X

Los rayos X fueron descubiertos por el científico alemán Wilhelm Roentgen. Es un tipo de radiación muy energética, por lo que puede atravesar los tejidos blandos del cuerpo humano. Su longitud de onda está comprendida entre los 10^{-11} m y los 10^{-8} m.

Aplicaciones

Son utilizados en medicina para la detección de lesiones y enfermedades a la estructura ósea, así como en ciertos órganos internos.

Radiación ultravioleta

Es una porción del espectro de mayor energía que la luz visible. Sus longitudes de onda oscilan entre los 10^{-7} m y los 10^{-8} m. Estimula la producción de vitaminas al incidir en la piel de algunos seres vivos. Sin embargo, una exposición mayor a este tipo de radiación aumenta la probabilidad de contraer cáncer a la piel.

Aplicaciones

Se utiliza para la desinfección de instrumental médico, la detección de residuos biológicos y en el control de algunas plagas de insectos.

Luz visible

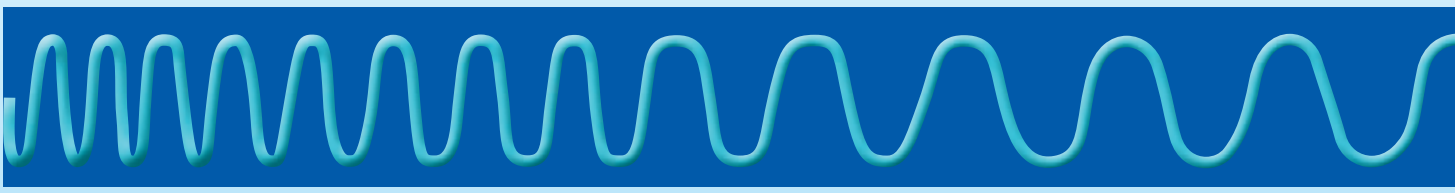
Es una pequeña porción del espectro electromagnético cuyas longitudes de onda oscilan entre los 700 nm (para el color rojo) y los 400 nm (para el color violeta). Transporta mayor energía que las ondas infrarrojas.

Espectro de la luz visible

Mayor frecuencia

400 nm

Mayor frecuencia y menor longitud de onda



Mayor energía

Radiación infrarroja

Las ondas infrarrojas fueron descubiertas por Herschel y están asociadas a la transferencia de calor por radiación. Sus longitudes de onda van de los 10^{-3} m a 10^{-6} m.

Aplicaciones
Aparatos como los controles remotos o los sensores instalados en algunas puertas funcionan a base de este tipo de ondas.

Microondas

Son ondas que transportan mayor energía que las ondas de radio. Sus longitudes de onda oscilan entre 1 mm y 1 m.

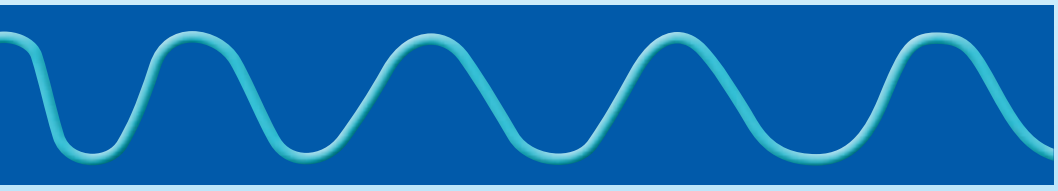
Aplicaciones
Tienen múltiples aplicaciones: en telefonía celular, en la transmisión de señales de internet y en el horno de microondas, aparato que hace vibrar las moléculas de agua presentes en los alimentos.

Ondas de radio

Las ondas de radio corresponden a las menos energéticas del espectro electromagnético. Sus longitudes de onda van desde 1 m hasta los 100 km.

Aplicaciones
Se utilizan para transmitir señales de radio y televisión. En astronomía, algunos aparatos como los radiotelescopios captan las ondas de radio procedentes de diferentes objetos astronómicos.

Menor frecuencia y mayor longitud de onda



Menor energía

Científicas en la historia

Rosalind Franklin (1920-1958) fue una química y cristalógrafa inglesa que estudió la estructura de algunos virus, el carbón y el grafito. Aplicó los rayos X, en particular la difracción de ellos, para estudiar y describir la estructura del ADN.

Aprendiendo a modelar fenómenos

Construyendo un modelo de cámara oscura

Objetivo
Construir una cámara oscura y proponer una explicación para su funcionamiento.

¿Qué conceptos debo conocer para realizar el taller?

Habilidades
Obsevar y plantear preguntas.

Actitud
Mostrar perseverancia, rigor y cumplimiento.

Tiempo
60 minutos.

Algunos pintores del Renacimiento utilizaban un ingenioso mecanismo óptico para ayudarse en la captura de paisajes. Se trataba de la cámara oscura, cuyos orígenes se remontan a China. Esta consiste en una caja de dimensiones variables que tiene un pequeño agujero en una de sus caras, mientras que la cara opuesta está hecha de un material traslúcido que permite captar una imagen. La luz asociada a la imagen ingresa a la caja a través del orificio y se proyecta en la cara traslúcida, que funciona como una pantalla. La principal aplicación que se ha hecho de este mecanismo es la cámara fotográfica, en la que se reemplaza el papel traslúcido por una película que reacciona químicamente con la luz. De esta forma, se consigue una impresión de la imagen. Para construir el modelo de una cámara oscura, formen grupos de cuatro o cinco integrantes y, realicen el siguiente procedimiento:

Paso 1 Procedimiento

Reúnan los siguientes materiales: seis trozos de cartón corrugado de 20 cm x 20 cm, pegamento, tijeras, una hoja de papel diamante, un alfiler y una vela.

Utilizando la aguja, realicen un pequeño orificio en el centro de una de las caras. Es importante que su diámetro no supere los 4 mm.

En otra cara, recorten un cuadrado de 15 cm x 15 cm y cubran el espacio dejado con papel diamante. Es importante fijarlo con pegamento.

Con los seis trozos de cartón, ensamblen una caja, de modo que la cara que tiene el orificio y la que está cubierta con papel diamante queden enfrentadas.

Paso 2

Aplicación y práctica

Para utilizar de manera eficiente la cámara oscura, es recomendable que la luz proveniente del objeto a proyectar no se vea alterada por la luz ambiental. Primero prueben apuntando el orificio de la cámara hacia una ventana. Luego, inténtenlo con una vela, la idea es variar la distancia entre la cámara y la fuente de luz, hasta lograr una imagen nítida.

5

En relación con la experiencia realizada, respondan:

a. ¿En cuál(es) de las situaciones se obtuvo una imagen de mejor calidad? Propongan una hipótesis, identificando aquellas variables que influyen en una mejor (o peor) percepción de la imagen.

b. ¿Qué fenómenos asociados a la luz piensan que intervienen en la formación de la imagen?

c. ¿Por qué la imagen aparece invertida en la pantalla? Realicen un esquema que explique esta situación.

d. ¿Cómo se podría proyectar una imagen derecha? Investiguen.

e. En el caso de que la experiencia no les haya salido como esperaban ¿qué deberían hacer?, ¿qué actitud(es) deberían adoptar para corregir su trabajo experimental?

Desafío

Crea

Reúnanse en grupos de cuatro integrantes y diseñen una cámara oscura que sea capaz de proyectar una imagen de formato grande. ¿De qué tamaño debería ser dicha cámara?, ¿creen que se podría utilizar una habitación o una sala como cámara oscura? Para realizar el proyecto consideren lo siguiente:

- Hagan una lista con los materiales necesarios para el proyecto. Deben considerar que hay que oscurecer completamente una habitación y dejar que la luz del exterior ingrese por un pequeño agujero. Además, se debe utilizar una pantalla blanca para proyectar la imagen, para lo cual pueden usar una tela.
- Una vez que hayan reunido los materiales necesarios, deben ejecutar su proyecto (utilicen el formato de proyecto presente en la página 224). Es importante tener en cuenta que pueden surgir diferentes problemáticas, y por ello, tienen que estar dispuestos a introducir modificaciones a la planificación inicial.

Propagación rectilínea de la luz

Cuando en una habitación se filtra un rayo de luz, es posible, siempre que haya polvo en suspensión, observar su trayectoria rectilínea. Desde una fuente luminosa, la luz se propaga en todas direcciones; pero si analizamos un solo haz de luz, descubriremos que lo hace en una línea recta.

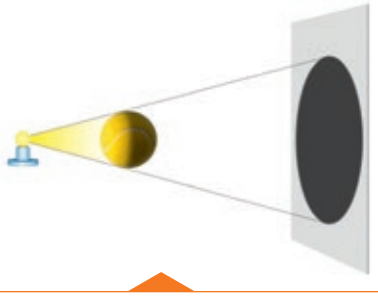
Cuando se alinean dos ranuras y se iluminan desde un extremo, es posible observar que la luz pasa a través de ellas. En la pantalla se puede constatar, además, que la luz adopta la forma de la ranura. Como esto sucede solo si las ranuras se encuentran alineadas, esta simple experiencia constituye una evidencia de la propagación rectilínea de la luz.

Seguramente, en el *Taller de estrategias* de la página anterior pudieron observar las imágenes que se proyectaron en una de las caras de la cámara oscura. Esto sucede debido a que los rayos de luz que proceden del objeto, y que viajan en línea recta, se cruzan y forman una imagen. Si los rayos no viajaran en línea recta, se produciría una imagen distorsionada del objeto.

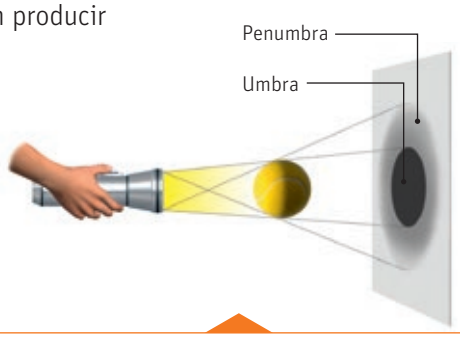
Dependiendo de los medios materiales con los cuales interactúe la luz, estos se clasifican en **transparentes**, cuando la luz puede atravesarlos; **opacos**, si la luz no puede pasar a través de ellos y **translúcidos**, cuando una parte de la luz los atraviesa. Si un objeto opaco se interpone en el camino de la luz, se forma una región conocida como **sombra**. Dependiendo del tamaño de la fuente luminosa y de la distancia entre ella y el objeto, se pueden producir las siguientes situaciones:

Conectando con...

Las TIC
Ingresa el código TF1P080 en la página web de tu texto. Ahí encontrarás una animación interactiva con las características y consecuencias de la propagación rectilínea de la luz.



Si la fuente luminosa (o foco) es pequeña en relación con el objeto, o bien la distancia entre ellos es significativa, la sombra proyectada por el objeto es nítida.



Si el tamaño de la fuente luminosa es grande en relación con el del objeto, la zona de sombra se divide en una región central, más oscura, a la que generalmente se denomina **umbra**, y una región exterior, más tenue, denominada **penumbra**.

Como la forma de la sombra de un objeto es similar a la forma de su perfil, el fenómeno de formación de sombras también es una evidencia de la propagación rectilínea de la luz.

Reflexiona

En ciencias, cada vez que se propone una explicación a un fenómeno determinado, se deben entregar evidencias que la apoyen. Considerando esto último, ¿es correcto explicar fenómenos naturales sin aportar evidencias que respalden dicha explicación? Fundamenta.

Las propiedades ondulatorias de la luz

Así como en las ondas sonoras se pueden observar algunas propiedades ondulatorias, en la luz también se pueden reconocer dichas propiedades. A continuación, analizaremos cada una de ellas.

La reflexión

Actividad

Objetivo
Deducir la relación entre el ángulo de incidencia y el ángulo reflejado.

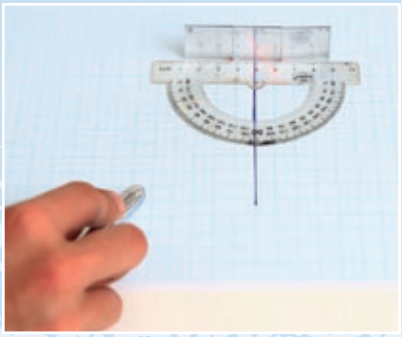
Habilidades
Relacionar variables.

Actitud
Mostrar rigurosidad.

Tiempo
20 minutos.

Precaución

Nunca debes dirigir la luz del láser a tus ojos o a los de algún compañero o compañera.



¿Qué sucede con un rayo de luz cuando llega a un espejo?

Antes de realizar la actividad respondan:

¿Qué recuerdan del fenómeno de reflexión estudiado en la unidad anterior?

Si vemos los objetos que nos rodean, es gracias a la reflexión de la luz. Cuando la luz llega a un cuerpo, una parte de ella es reflejada y otra absorbida. La cantidad de luz reflejada por un cuerpo dependerá de las cualidades de su superficie. Para conocer cómo se comportan los rayos reflejados en un espejo plano, reúnanse en grupos de tres integrantes y realicen el siguiente procedimiento:

1. Reúnan los siguientes materiales: un puntero láser, un espejo plano, un transportador, una hoja blanca y un lápiz.
2. Realicen un montaje similar al de la fotografía inferior. Dirijan la luz del láser hacia el punto del espejo, situado por encima de la normal (rasante a la hoja y en ángulo). Observen y registren en qué ángulo se refleja la luz del láser.
3. Efectúen mediciones para varios ángulos: 70°, 60°, 50° y 30° (respecto de la normal). Luego, ordenen sus datos en una tabla que incluya el ángulo de incidencia y el ángulo reflejado.

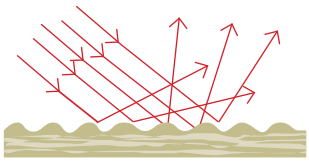
A continuación, respondan:

a. Si se grafican los datos (ángulo incidente versus ángulo reflejado), ¿cómo resultaría el gráfico? Justifiquen su respuesta.
b. ¿Qué relación se puede establecer entre las variables ángulo incidente y ángulo reflejado?
c. ¿Fueron rigurosos al momento de realizar sus mediciones? De no ser así, repitan parte del procedimiento.

En la actividad anterior se pudo comprobar que cuando un rayo de luz incide sobre una superficie muy pulida (especular) en un determinado ángulo (α_i), respecto de la recta normal, este se refleja en un ángulo de igual medida (α_r), es decir, $\alpha_i = \alpha_r$. Esta igualdad es conocida como la **ley de reflexión**. Es importante mencionar que tanto el ángulo de incidencia como el ángulo reflejado y la recta normal se encuentran en el mismo plano.

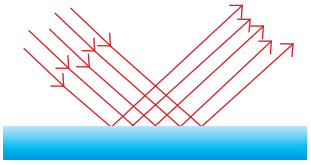
La luz no se refleja igual en todas las superficies, ya que una superficie puede originar una reflexión **especular** o **difusa**. Estos tipos de reflexiones se explican en las imágenes de la derecha:

Reflexión difusa



← Cuando la luz incide sobre una superficie muy irregular, esta se refleja en múltiples direcciones. Por ello, no es posible que se forme una imagen en ella.

Reflexión especular



← Si la luz incide sobre una superficie pulida (como un espejo), esta es reflejada en la misma dirección, lo que permite que se formen imágenes en ella.

La refracción

Si un haz de luz incide de forma oblicua en la interfaz que separa dos medios transparentes, una parte es reflejada y otra se propaga por el segundo medio. Cuando esto último sucede, la luz experimenta algunos cambios en su propagación, que generan efectos visuales como el que indicaremos en la siguiente actividad.

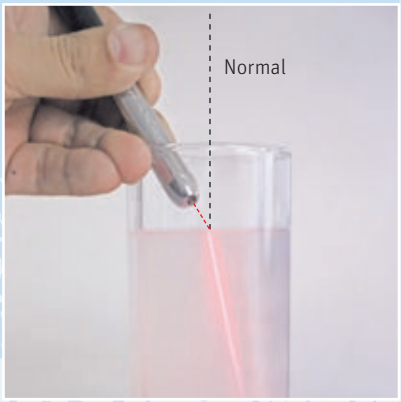
Actividad

Objetivo
Observar y describir el fenómeno de refracción de la luz.

Habilidades
Observar y describir.

Actitud
Mostrar interés y curiosidad por el conocimiento.

Tiempo
20 minutos.



¿Por qué al sumergir una cuchara en un vaso con agua, su imagen se distorsiona?

Cada vez que sumergimos una cuchara en un vaso con agua, tenemos la impresión que el extremo sumergido parece "quebrarse". Pero ¿por qué sucede esto? Para indagar acerca de este fenómeno, formen grupos de tres o cuatro integrantes. Luego, realicen el siguiente procedimiento:

1. Reúnan los siguientes materiales: un vaso con agua, un puntero láser y un poco de leche.
2. Añadan un par de gotas de leche al agua. Después, apunten la luz del láser de forma perpendicular a la superficie del agua y observen su trayectoria. Hagan variar el ángulo en el que incide la luz del láser sobre el agua, tal como se representa en la imagen de la izquierda.

Antes de seguir, respondan: ¿en qué consiste la refracción del sonido?, ¿piensan que la luz experimenta un fenómeno similar? Expliquen.

Una vez realizado el procedimiento, respondan:

a. ¿Cómo fue la trayectoria del haz de luz, cuando esta incidió de forma perpendicular a la superficie del agua? Describan.
b. Respecto de una recta normal (imaginaria), ¿cómo es el ángulo de incidencia en relación con el ángulo refractado?
c. Lo observado anteriormente, ¿les permite responder la pregunta propuesta al inicio de la actividad? Expliquen.

En la experiencia anterior, pudieron observar que cuando la luz del láser incidió en cierto ángulo (diferente de 90°) sobre la superficie del agua, experimentó un cambio en su dirección. Este fenómeno es conocido como **refracción**. Lo abrupto de dicho cambio depende de la diferencia entre la rapidez de propagación de la luz en el primer medio y la rapidez de la luz en el segundo medio. Las características de un determinado medio se representan por un coeficiente adimensional (sin unidad) conocido como **índice de refracción** (n). En general, cada sustancia (a través de la cual la luz se puede mover) posee un índice de refracción propio, y se determina como la razón entre la rapidez de la luz en el vacío y la rapidez de la luz en el medio de refracción. Esto es:

Índice de refracción — $n = \frac{c}{v_m}$

- c: Rapidez de la luz en el vacío ($\approx 3 \cdot 10^8$ m/s).
- v_m: Rapidez de la luz en el medio de refracción.

Índice de refracción de la luz en algunos medios

Medio	Índice
Benceno	1,50
Agua	1,33
Metanol	1,36
Cuarzo	1,45
Diamante	2,42

Fuente: Serway, R., Jewett, J. (2005). *Física para ciencias e ingeniería*. 6ª edición. México: Thomson.

↑ Los valores se consideran para sustancias cuya temperatura es 20 °C e incididos por luz de longitud de onda de 589 nm.

La difracción

En la *Lección 2*, estudiamos que la difracción se producía muy notoriamente, cuando un sonido atravesaba una abertura de dimensiones similares a su longitud de onda. ¿De qué dimensiones debe ser una abertura para que la luz experimente difracción? Para observar el fenómeno de difracción a través de una abertura o rendija, esta debería ser de un tamaño similar al de la longitud de onda de la luz, es decir, entre 400 y 700 nm, por lo que escapa de nuestra escala cotidiana de medidas. Sin embargo, es posible visualizar este fenómeno mediante la siguiente actividad.

Actividad

Objetivo
Observar y explicar un fenómeno determinado, a partir de la difracción.

Habilidades
Observar y describir.

Actitud
Mostrar interés y curiosidad por el conocimiento.

Tiempo
15 minutos.

¿Cómo se puede observar la difracción de la luz?

Antes de realizar el procedimiento, respondan:

a. ¿Qué es la difracción de una onda sonora? Mencionen un ejemplo donde se aprecie dicho fenómeno.

b. A partir de lo anterior, ¿cómo piensan que debería ocurrir la difracción de la luz?

Procedimiento:

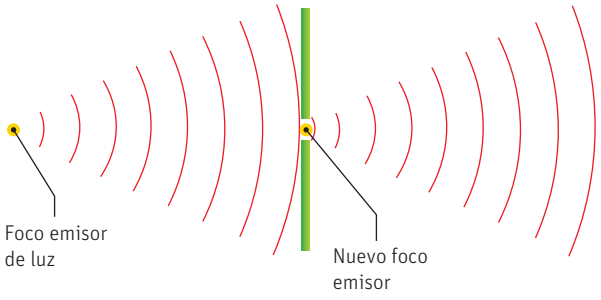
Reúnanse en parejas y realicen el siguiente procedimiento: Cierren los dedos de su mano, de manera que se junten (es importante que queden pequeñas aberturas entre los dedos). Luego, sitúen la mano frente a una fuente luminosa, como una ventana (imagen de la izquierda). Observen cómo se ve la luz que se filtra por las pequeñas aberturas que se producen entre los dedos. De ser necesario, repitan varias veces este procedimiento.

A partir del procedimiento anterior, respondan:

a. ¿Qué observaron? Describan.
b. ¿Qué preguntas les surgen respecto al fenómeno observado?
c. Considerando lo que saben de la difracción, propongan una explicación.
d. ¿Existirán otros experimentos que permitan observar la difracción de la luz? Investiguen.

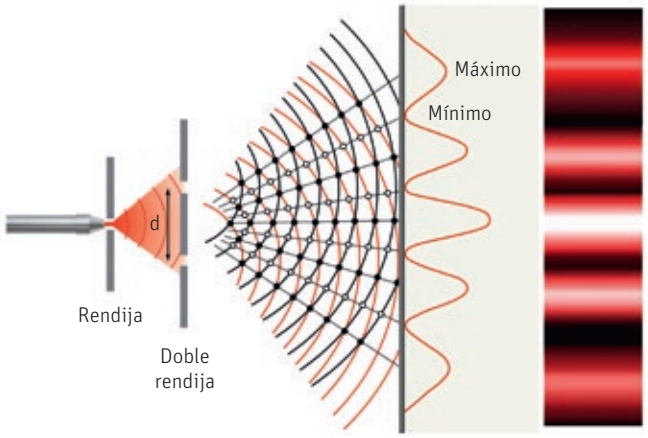
Seguramente, en la actividad anterior, pudiste observar pequeñas franjas oscuras en la luz que pasó a través de tus dedos. Esto se produce debido a que la luz se difracta.

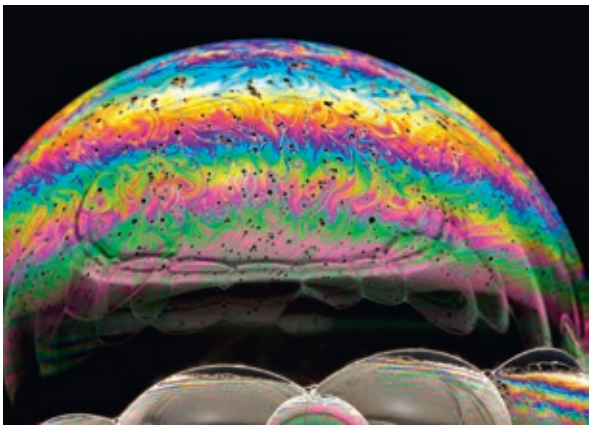
En el esquema de la derecha está representada la difracción de un frente de ondas de luz. Cuando la luz atraviesa una rendija cuyo tamaño es similar a la longitud de onda, experimenta el fenómeno de difracción. En dicha rendija, la luz se comporta como un nuevo foco emisor. Así, la difracción de la luz se rige por el **principio de Huygens**, que establece que cada punto de un frente de ondas puede considerarse como una nueva fuente de ondas secundarias.



La interferencia

En el año 1801, Thomas Young realizó un experimento que dio pruebas concluyentes sobre el comportamiento ondulatorio de la luz. Este consistió en hacer pasar un haz de luz muy concentrado por dos ranuras muy cercanas entre sí. En aquel tiempo no existía la luz láser, por lo que no fue sencillo realizar el experimento. Como resultado de su investigación, Young observó una serie de líneas luminosas separadas entre sí, similares a las representadas en el esquema inferior.



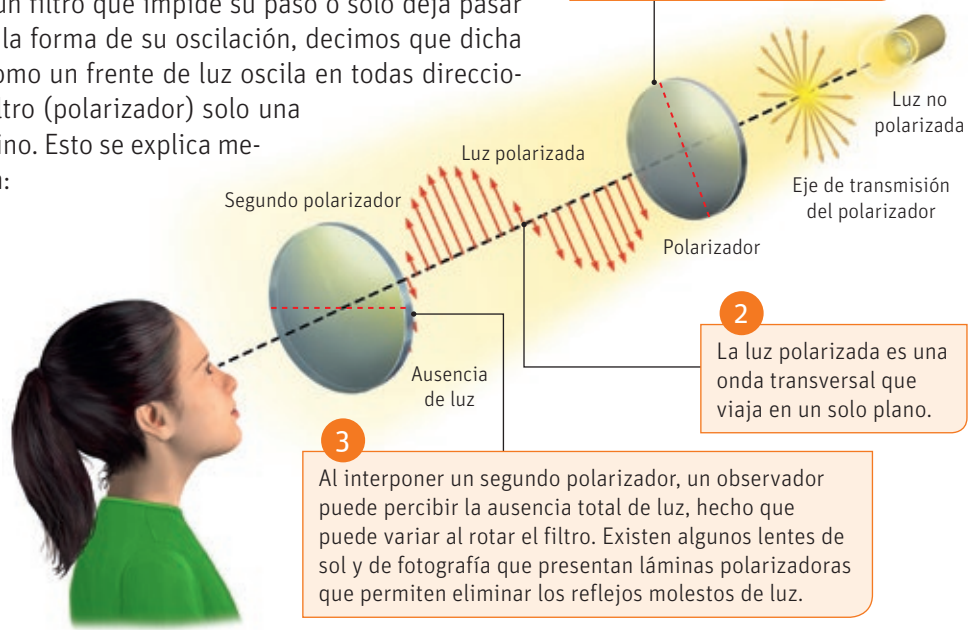


Cuando los rayos de luz se reflejan en la superficie interna de una pompa de jabón, estos se interfieren con aquellos que se reflejan en la superficie externa. Los colores dependen de las variaciones en el grosor de la película.

La explicación que formuló fue que cada una de las ranuras se transforma en una nueva fuente de ondas, las que se superponen entre sí; algo similar a lo que sucede cuando se dejan caer dos piedras al agua. En el patrón de interferencia existen zonas donde las ondas se anulan (percibidas como sombras) y otras donde se suman (percibidas como luz).

La polarización

¿Cómo se supo que la luz era una onda transversal? Mediante un fenómeno que experimentan este tipo de ondas, la **polarización**. Cuando una onda transversal atraviesa un filtro que impide su paso o solo deja pasar una parte de ella, debido a la forma de su oscilación, decimos que dicha onda ha sido polarizada. Como un frente de luz oscila en todas direcciones, cuando atraviesa un filtro (polarizador) solo una parte de él continúa su camino. Esto se explica mediante el siguiente esquema:

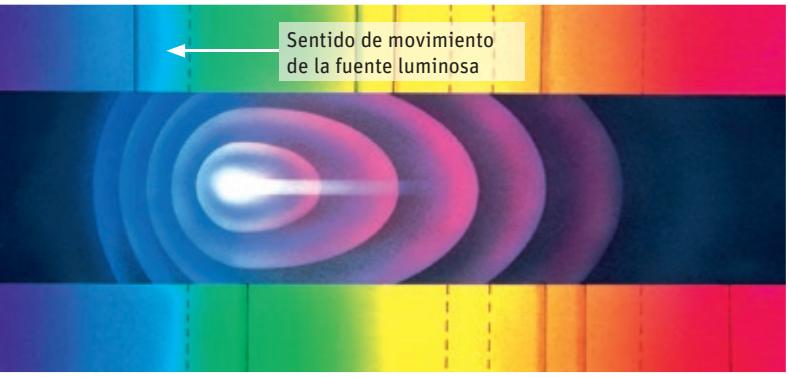


¡Importante!
Como el sonido es una onda longitudinal, no experimenta polarización.

El efecto Doppler en la luz

En la *Lección 2*, estudiamos el efecto Doppler en el sonido. Como la luz tiene un comportamiento ondulatorio, ¿ocurrirá un fenómeno similar en ella? La respuesta es sí. Cuando una fuente luminosa se encuentra en movimiento respecto de un observador, la frecuencia de la onda lumínica se percibirá de manera diferente, dependiendo de si la fuente se acerca o se aleja de esa persona.

Cuando una fuente sonora se mueve respecto de un receptor, el sonido emitido se percibe como más agudo (si la fuente se acerca) o más grave (si la fuente se aleja) en comparación con la frecuencia del emisor. En el caso de la luz, la frecuencia se percibe a través del color. La luz visible está compuesta por los distintos colores, que van desde el rojo, en sus frecuencias más bajas, hasta el azul y el violeta, en sus frecuencias más altas. De lo anterior, se desprende que si un objeto luminoso se desplaza hacia un observador, su frecuencia relativa será mayor, por lo cual su luz se observará desplazada hacia el azul. De manera similar, si un objeto luminoso se aleja de un observador, su frecuencia relativa disminuirá, por lo que se percibirá que su luz se desplaza hacia el rojo.



Si la fuente luminosa se aleja del observador, este la verá desplazada hacia el rojo. Si la fuente luminosa se acerca al observador, este la verá desplazada hacia el azul.

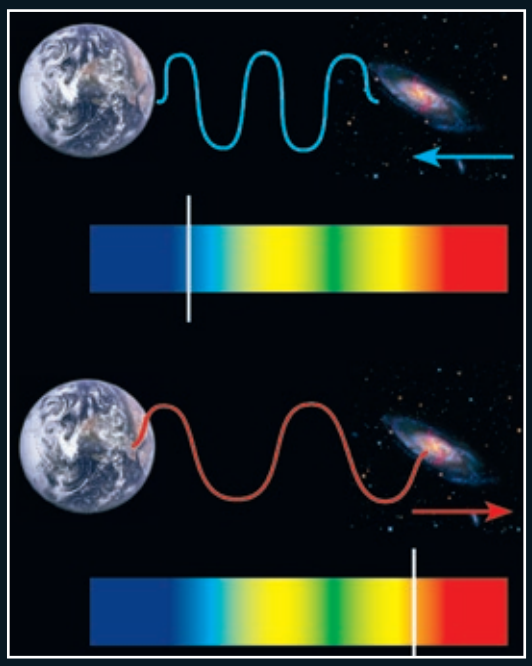
Integra y sintetiza

- Con los conceptos estudiados hasta el momento acerca de la luz, construye un mapa conceptual que muestre cómo evolucionaron sus modelos explicativos y de qué manera se manifiestan sus diferentes propiedades ondulatorias.
- Haz un paralelo entre las propiedades ondulatorias del sonido y las de la luz. ¿Qué propiedades son comunes y cuáles diferentes en ambos fenómenos ondulatorios?

Ciencia, tecnología y sociedad

El efecto Doppler y la expansión del universo

El efecto Doppler aplicado a la observación de los cuerpos celestes ha ayudado a demostrar la expansión del universo. Cuando una galaxia se acerca respecto de un observador en la Tierra, la longitud de onda de la luz que proviene de ella disminuye, por lo que en la región visible su luz se acerca al color azul. Por el contrario, cuando una galaxia se aleja respecto de un observador en la Tierra, su longitud de onda aumenta y su luz en la región visible se acerca al color rojo. Como este fenómeno no es simple de observar, se utiliza un instrumento llamado espectroscopio. En el estudio del universo se ha observado un desplazamiento al rojo de la luz emitida por las galaxias lejanas. Esto es una evidencia de que ellas se separan entre sí y de que el universo se expande.



¿Crees que hubiese sido posible descubrir la expansión del universo sin el efecto Doppler? ¿Cómo piensas que el desarrollo de la ciencia permite explicar fenómenos como el descrito en la lectura? Explica.

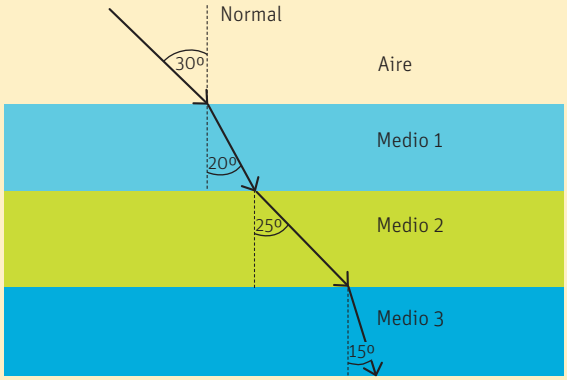
INTEGRA tus nuevos aprendizajes

Para que sepas cómo va tu proceso de aprendizaje, te invitamos a realizar las siguientes actividades.

Aprendiendo a responder

Analiza la siguiente pregunta modelada.

En un experimento, un grupo de estudiantes hizo incidir un haz de luz sobre diferentes medios sobrepuestos. Las refracciones experimentadas por la luz se representan en el siguiente esquema:



a. ¿Cuántas refracciones experimentó el haz de luz?

b. ¿Qué medio tiene un mayor índice de refracción?

Para saber cuántas refracciones experimenta la luz al entrar a los diferentes medios, debemos contabilizar los cambios en la trayectoria del haz, desde el aire al medio 1, del medio 1 al medio 2 y del medio 2 al medio 3. . Por lo tanto, la luz experimenta tres refracciones.

Ahora, si deseamos saber qué medio posee un mayor índice de refracción, tenemos que determinar en cuál de ellos el haz se desvía más, respecto del medio inicial (aire). Esto sucede en el medio 3, ya que allí, el haz de luz se encuentra a 15° respecto de la normal.

Ahora tú

Explica

1. Imagina que una amiga tuya sumerge una bombilla en un vaso con agua, tal como se muestra en la siguiente imagen.

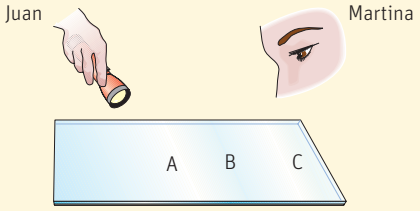
Luego, ella se percata que la porción sumergida de la bombilla parece "quebrarse". ¿Cómo le explicarías este fenómeno?

Explica

2. ¿Qué similitudes y diferencias existen entre el modelo corpuscular propuesto por Newton y el modelo ondulatorio planteado por Huygens?

Aplica

3. ¿Sobre qué punto (A, B o C) debe iluminar Juan una superficie muy pulida, para que la luz reflejada pueda ser percibida de forma directa por los ojos de Martina?



Justifica tu respuesta.

Evalúa

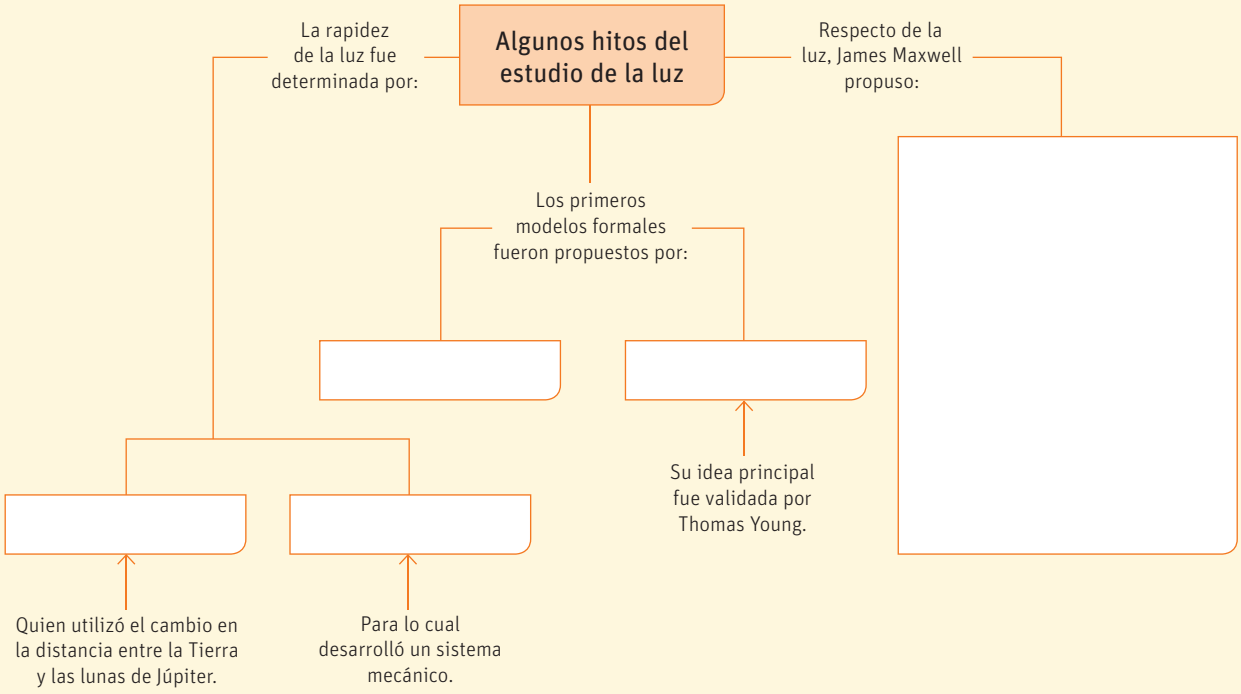
4. Cristian completó la siguiente tabla con las características y propiedades que recordaba de la luz.

	Tipo de onda	Propiedades
La luz	• Electromagnética • Longitudinal	• Reflexión • Refracción

¿Completó de forma correcta la tabla Cristian? De no ser así, corrígela y agrega la información que consideres necesaria.

Organiza y relaciona

5. En el siguiente organizador, se presentan algunos hitos relacionados con el desarrollo histórico del concepto de luz. Completa la información que falta.



¿Cómo vas?

Revisa tus respuestas en el solucionario y según los resultados que hayas obtenido, marca con ✓ el nivel de desempeño correspondiente. Pídele ayuda a tu profesor o profesora.

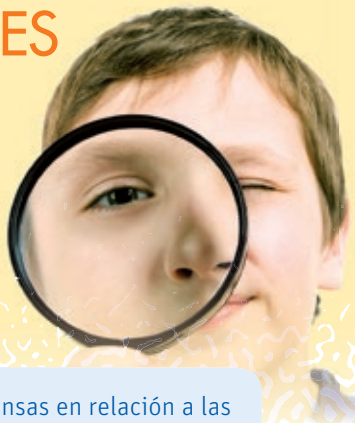
Indicador	Ítems	Habilidades	Nivel de desempeño
Reconocí y relacioné algunos hechos históricos asociados al concepto de luz.	2 y 5	Explicar, organizar y relacionar.	**L**: dos ítems correctos. ☐ **ML**: un ítem correcto. ☐ **PL**: ningún ítem correcto. ☐
Reconocí y expliqué algunas de las propiedades ondulatorias de la luz.	1, 3 y 4	Explicar, aplicar y evaluar.	**L**: tres ítems correctos. ☐ **ML**: dos ítems correctos. ☐ **PL**: uno o ningún ítem correcto. ☐
L = Logrado; **ML** = Medianamente logrado; **PL** = Por lograr			

- Hasta el momento, ¿qué concepto(s) y/o habilidad(es) te han resultado más fácil(es) de trabajar?
- ¿Has podido responder alguna de las preguntas que planteaste en la sección *Antes de comenzar*?
- ¿Has podido cumplir con las metas que te propusiste al inicio? De no ser así, ¿a qué lo atribuyes?
- ¿Ha sido efectivo tu sistema de estudio? Pregúntale a tus compañeros qué métodos emplean.
- ¿Cuál(es) de las actitudes trabajadas en las distintas actividades de la lección debes mejorar? Haz un listado y traza nuevas metas.
- Pídele a un compañero(a) que revise tu evaluación y haz lo mismo con la de él (ella).

LECCIÓN 4

LA LUZ Y ALGUNAS DE SUS APLICACIONES

¿Por qué ha sido importante a lo largo de la historia estudiar los fenómenos asociados a la luz? Comprender cómo se comporta la luz le permitió al ser humano desarrollar incontables aplicaciones tecnológicas que han mejorado nuestra calidad de vida.



Objetivo
Reconocer y registrar aprendizajes previos.

Habilidades
Analizar resultados.

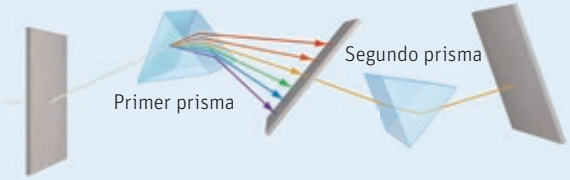
Actitud
Mostrar interés por nuevos conocimientos.

Tiempo
20 minutos.

Me preparo para aprender

Es importante que reconozcas aquello que sabes o piensas en relación a las temáticas que se desarrollarán en esta lección, dado que tus concepciones previas son el cimiento sobre el que se construirán los nuevos aprendizajes.

En uno de sus experimentos, Isaac Newton hizo pasar un haz de luz blanca (luz del sol) por una pequeña abertura. Luego de eso, la luz atravesó un prisma que la descompuso en colores. Por una segunda abertura, Newton dejó pasar uno de los colores obtenidos por el prisma, el que atravesó, a su vez, otro prisma. En este caso no observó dispersión. En el siguiente esquema, se representa el experimento realizado por Newton.



A partir del procedimiento descrito, responde:

a. ¿Qué conceptos o propiedades de las ondas lumínicas, estudiadas en la lección anterior, te permiten comprender el experimento realizado por Newton? Escríbelos.

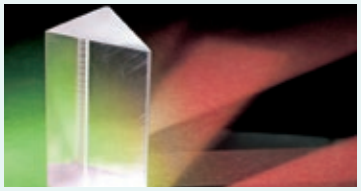
b. ¿Por qué piensas que el rayo que pasó por el segundo prisma no se descompuso?

c. Menciona algunas habilidades y actitudes que hayas trabajado hasta el momento y que consideres útiles al momento de integrar nuevos aprendizajes.

El espacio disponible en los recuadros es solo referencial. Si requieres más espacio, utiliza tu cuaderno.

AYUDA

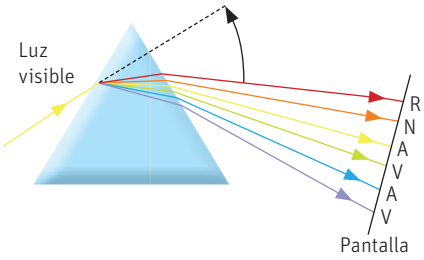
Un prisma es un objeto poliédrico, generalmente de vidrio, que refracta y descompone la luz.



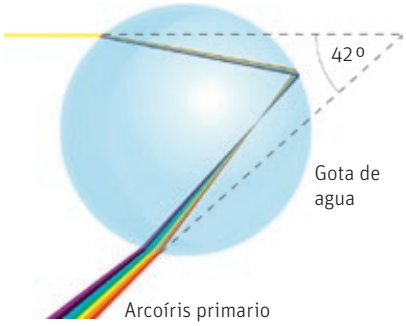
¿Cómo se forman los colores?

Estamos acostumbrados a distinguir los colores de nuestro entorno, en las flores, en los insectos y en diferentes objetos. Pero ¿cuál es su origen?, ¿serán una propiedad de los distintos objetos o de la luz? A partir del experimento realizado por **Newton**, fue posible concluir que la luz blanca está compuesta por los distintos colores. Sin embargo, si se desea descomponer un haz de luz monocromática (luz de un solo color), no es posible hacerlo. Cuando la luz que atraviesa un prisma se separa en colores, se dice que experimenta una **dispersión cromática**.

Cuando la luz blanca incide sobre un prisma, cada uno de los colores que la componen se refracta en su interior en un ángulo distinto. Esto se debe a que la longitud de onda de cada uno de ellos es diferente. De esta manera, la luz es dispersada en una serie de colores, conocida como **espectro visible**. Estos colores, en orden de longitud de onda decreciente, son el rojo, el naranja, el amarillo, el verde, el azul y el violeta. Newton demostró que cada uno de los colores tiene un ángulo particular de desviación al interior de un prisma, tal como se representa en el esquema de la derecha.



El comprender cómo se dispersa la luz, permitió entender fenómenos como la formación de los arcoíris. Un arcoíris se forma cuando un rayo de luz (blanca) incide en una gota de agua atmosférica (lluvia) y es reflejado y refractado de la siguiente forma: primero experimenta una refracción en la superficie frontal de la gota; luego, la luz es reflejada en la superficie posterior de la gota, y, finalmente, la luz dispersada cromáticamente se refracta de nuevo al salir de la gota, entre 40° y 42° respecto del rayo de entrada.



Los filtros de colores

Los filtros son superficies transparentes, de vidrio o papel celofán, que se ubican entre el objeto y el observador para que absorban la luz de determinadas frecuencias. Por ejemplo, un filtro verde colocado en el camino de los rayos de luz que atraviesan un prisma deja pasar la luz monocromática verde y absorbe el resto de los colores del espectro.

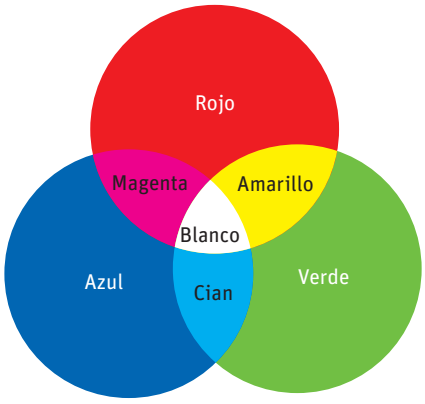
↑ Objeto iluminado con luz blanca.

↑ Objeto visto al interponer un filtro de color azul.

↑ Objeto visto al interponer un filtro de color naranjo.

Síntesis aditiva

La síntesis aditiva se produce al combinar la luz de diferentes colores sobre una superficie. Por ejemplo, al proyectar (en iguales intensidades) luz roja, azul y verde, se produce blanco en donde estas se solapan. Al variar las intensidades de las luces de estos colores primarios, se pueden generar una gran cantidad de colores. La síntesis aditiva se aplica en las pantallas de los televisores y en los monitores.



La percepción de los colores

El hecho de percibir el color de un determinado objeto, por ejemplo, un libro de tapa roja, se debe a que se refleja solo la luz monocromática de ese color. Por lo tanto, no es que un cuerpo u objeto "sea" de un determinado color, sino que, de la luz blanca que incide sobre él, solo es reflejada la que posee cierta longitud de onda.

Cuando un haz de luz blanca incide sobre una superficie azul, es reflejada únicamente la luz cuya longitud de onda corresponde a dicho color. El resto de los colores del espectro es absorbido por la superficie.

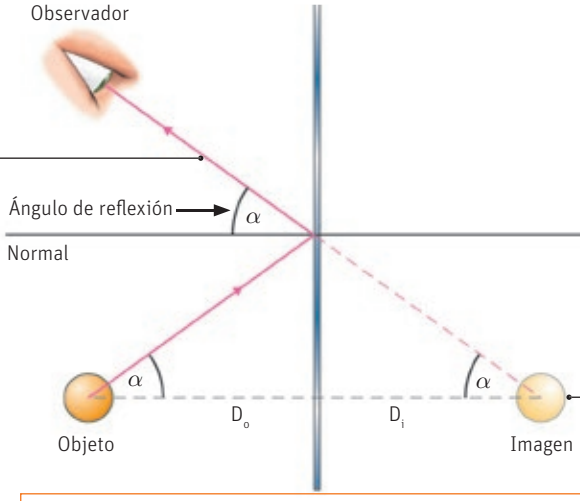
¿Cómo se forma una imagen en un espejo?

Un espejo es una superficie pulida y opaca. Cuando un haz de luz incide sobre él, este se refleja de manera especular. Es por esta razón que un espejo es capaz de generar la imagen de un objeto que es puesto frente a él. Las imágenes producidas en superficies especulares pueden clasificarse en **virtuales**, cuando parecen provenir de un punto por detrás de la superficie reflectora, y en **reales**, cuando pueden ser proyectadas sobre un plano o pantalla ubicado fuera del espejo. Además, una imagen puede estar **derecha**, si está orientada igual que el objeto, o **invertida**, si se encuentra en la posición contraria. Las imágenes también pueden ser más grandes, iguales o de menor tamaño que los objetos.

Un ejemplo de reflexión directa se produce cuando levantas tu mano izquierda mirándote a un espejo. Tu imagen levanta la mano que está directamente al frente ella. Si imagináramos que esa imagen es de una persona que está parada frente a ti, diríamos que está levantando su mano derecha.

Los espejos planos

Una imagen formada en un espejo plano puede ser explicada mediante la ley de reflexión, dado que el rayo incidente y el reflejado forman un mismo ángulo con la normal. Para comprender cómo se forma una imagen en un espejo plano, analicemos el siguiente esquema:

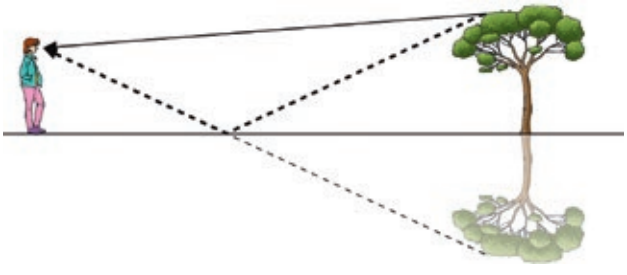


Un rayo de luz que procede del objeto se refleja en el espejo, cumpliendo la ley de reflexión. Los rayos de luz reflejados llegan hacia el ojo como si procedieran desde atrás del espejo. Sin embargo, no vienen desde ahí, sino de la superficie del espejo.

Las imágenes formadas por los espejos planos son virtuales y tienen la misma orientación vertical del objeto. Es por ello que se dice que la imagen está derecha.

La distancia entre el objeto y el espejo (D_o) y la distancia entre la imagen y el espejo (D_i) son iguales. Además, el tamaño del objeto y el de su imagen es el mismo.

Un ejemplo típico de reflexión directa es el reflejo de un volcán o montaña en la superficie de un lago. En la imagen se muestra el lago Chungará, ubicado en la Región de Arica y Parinacota.



Cuando la superficie reflectora está ubicada de forma horizontal, la imagen experimenta una reflexión directa, viéndose de igual tamaño que el objeto, pero invertida.

Los espejos curvos

Actividad

Objetivo
Observar y explicar los cambios que experimenta una imagen reflejada en un espejo curvo.

Habilidad
Explicar procedimientos.

Actitud
Mostrar perseverancia, rigor y cumplimiento.

Tiempo
20 minutos.

¿Qué cambios experimenta la imagen de un objeto cuando se refleja en un espejo curvo?

Cuando observamos nuestro rostro en un espejo plano, lo vemos del mismo tamaño y orientación. Sin embargo, si lo hiciéramos frente a un espejo curvo, veríamos que nuestra imagen experimenta algunos cambios. Para indagar acerca de ello, reúnanse en parejas y realicen el siguiente procedimiento; pero antes, responde las siguientes preguntas:

a. ¿Qué es la ley de reflexión? Expliquen.

b. ¿Cómo piensan que la ley de reflexión se puede aplicar a un espejo curvo?

Procedimiento:

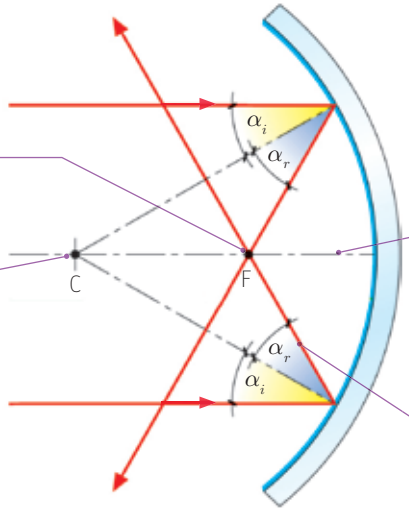
1. Consigan una cuchara metálica muy pulida. Utilizando la parte de la cuchara cuya curvatura es hacia afuera, ubíquenla frente a uno de ustedes (ver fotografía izquierda). Luego acérquenla y aléjenla, observando siempre su imagen.
2. Repitan el paso anterior, pero esta vez utilicen la parte de la cuchara cuya curvatura es hacia adentro. Observen cómo cambia su imagen.

A partir del procedimiento anterior, responde:

a. ¿Cómo se vio su imagen en cada una de las situaciones? Describan.
b. Utilizando la ley de reflexión, ¿cómo explicarían lo que ocurre con la luz reflejada en la superficie de la cuchara, en cada caso? Hagan un diagrama explicativo.
c. ¿Desarrollaron la actividad de forma sistemática, es decir, siguieron el orden sugerido y no obviaron ningún paso? De no ser así, repítanla.

En la actividad anterior pudieron observar su imagen más pequeña o más grande, según el lado de la cuchara utilizado y, además, derecha o invertida. Para poder explicar con exactitud este tipo de fenómenos, debemos conocer los elementos que caracterizan a un espejo curvo.

El **foco** (F) corresponde al lugar donde se cruzan los rayos de luz (o sus proyecciones) una vez que son reflejados en la superficie del espejo. Para efecto de análisis, se considera que los rayos incidentes son paralelos al eje óptico.



El **eje óptico** es una recta horizontal que pasa por el centro del espejo, y en ella se ubican el centro de curvatura y el foco.

El **centro de curvatura** (C) corresponde al centro de la sección curva que contiene al espejo.

Para cada uno de los rayos reflejados en el espejo se cumple que el ángulo de incidencia es de igual medida que el ángulo reflejado (ley de reflexión).

Aprendiendo a modelar fenómenos

Determinando el foco de un espejo curvo

Objetivo
Determinar el foco de un espejo curvo y explicar su ubicación en base a la ley de reflexión.

¿Qué conceptos ya estudiados debo conocer para realizar el taller?

Habilidad
Emplear modelos para apoyar explicaciones.

Actitud
Interés por conocer la realidad al estudiar fenómenos físicos.

Tiempo
60 minutos.

Seguramente has oído hablar de las antenas parabólicas que utilizan las empresas de comunicaciones para recibir ondas electromagnéticas, las que tienen la misma naturaleza que la luz visible. La forma de esas antenas permite concentrar la mayor parte de la señal en un punto, el foco. ¿Cómo se puede determinar la ubicación del punto focal? Para responder esta pregunta, reúnanse en grupos de cuatro o cinco integrantes y realicen la actividad propuesta en estas páginas.

Antes de leer y desarrollar el procedimiento de más adelante, respondan:

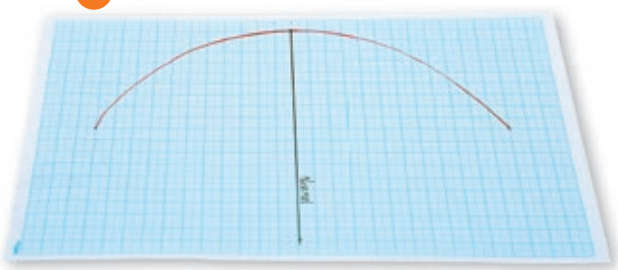
a. ¿Qué es el punto focal de un espejo curvo?
b. ¿Qué otros elementos (geométricos) se emplean para analizar los espejos curvos?

Paso 1 Procedimiento

1

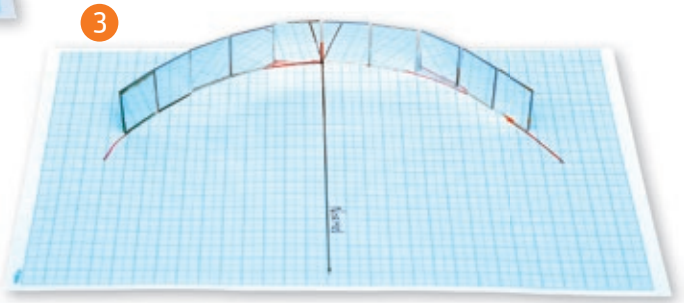
Reúnan los siguientes materiales: 12 cuadraditos de espejo de 1,5 cm x 1,5 cm, una hoja de papel milimetrado, una regla, lápices de diferentes colores, pegamento y un puntero láser.

2



Tracen sobre la hoja de papel milimetrado una línea recta (a lo largo de la hoja), la cual corresponderá al eje óptico. Luego, dibujen con un lápiz rojo un arco de circunferencia similar al de la fotografía. Es importante que la curva que dibujen no sea demasiado cerrada.

3



Utilizando el pegamento, adhieran los cuadraditos de espejo sobre la parábola dibujada en la hoja de papel milimetrado. Procuren que queden lo más vertical posible.

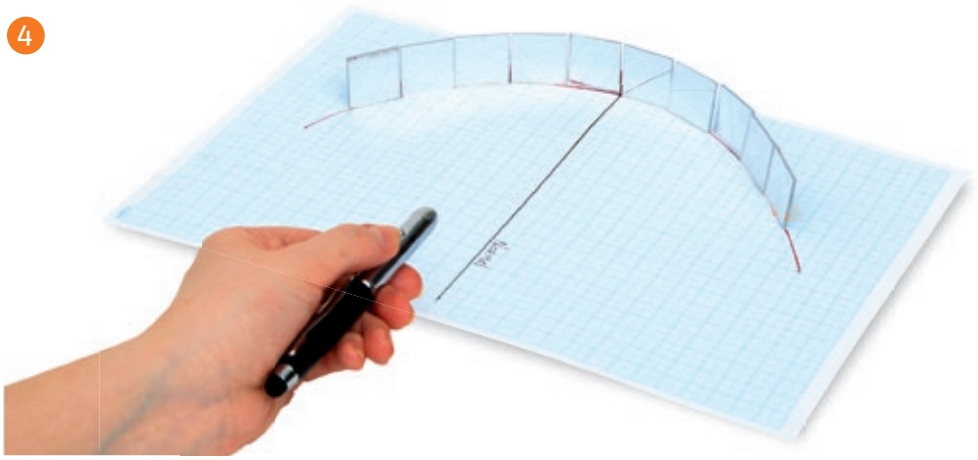
Paso 2

Aplicación y práctica

Iluminen con el láser distintos puntos del espejo. Marquen, cada vez, el punto donde el rayo reflejado se interseque con el eje óptico. Es importante que el haz de luz sea rasante a la hoja y paralelo al eje óptico. Repitan el procedimiento unas diez veces.

Una vez que hayan determinado el punto en el cual se intersecan los diferentes rayos reflejados, midan la distancia entre dicho punto y el espejo. Esta distancia determinará el lugar geométrico donde se ubica el foco del espejo curvo.

4



En relación con el procedimiento realizado, respondan:

a. ¿Todos los rayos de luz que hicieron incidir sobre el espejo se reflejaron hacia el mismo punto? De no ser así, ¿cuál es su explicación?

b. ¿Es posible asegurar que el espejo curvo tiene un único punto focal? Justifiquen.

c. ¿De qué manera influye el ancho de los espejos (cuadrados) en la ubicación precisa del punto focal? Expliquen.

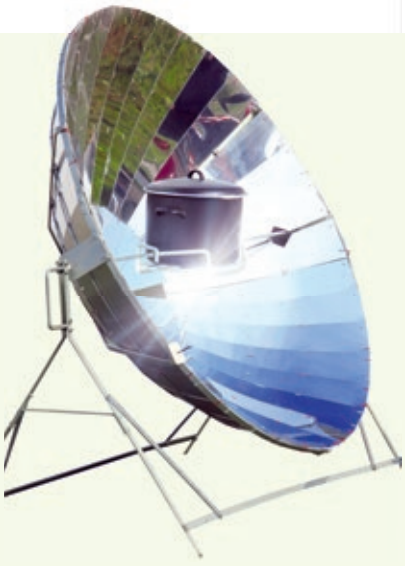
d. ¿Qué mejoras propondrían para esta actividad?

Desafío

Crea

Reúnanse en grupos de cuatro o cinco integrantes y construyan una cocina solar. Para ello, pueden utilizar espejos planos o curvos. En ambos casos, es importante considerar los conceptos de reflexión y de punto focal. Para su proyecto consideren lo siguiente:

- Reúnan información acerca de proyectos similares; realicen planos, consideren los materiales que utilizarán, distribúyanse las tareas entre los distintos integrantes del grupo y hagan una estimación del tiempo que les tomará ejecutar el proyecto.
- Es importante tener en cuenta que al momento de construir el proyecto pueden surgir diferentes problemas. Por ello, tienen que estar dispuestos a introducir modificaciones en el diseño original. Como referencia, pueden guiarse por la imagen que muestra una cocina solar.

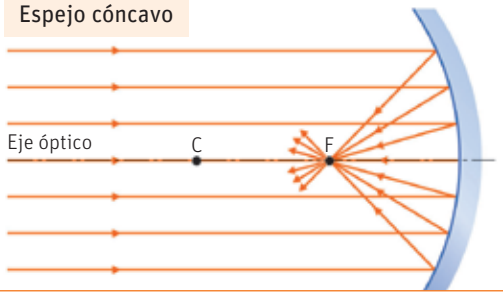


Formación de imágenes en espejos curvos

Recurso digital complementario

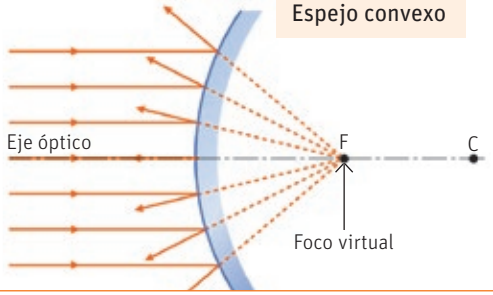
En el *Taller de estrategias* de la página anterior determinamos el punto focal de un espejo cóncavo. Sin embargo, para estudiar el comportamiento (general) de una serie de rayos paralelos de luz al incidir sobre un espejo cóncavo y otro convexo, es conveniente analizar los siguientes esquemas:

Espejo cóncavo



Cuando los haces de luz paralelos inciden sobre la superficie de un espejo cóncavo, se reflejan y convergen en el foco. Por ello, a estos espejos también se les denomina **convergentes**.

Espejo convexo



Si los haces de luz paralelos inciden sobre la superficie de un espejo convexo, los rayos reflejados se alejan entre sí, pareciendo provenir de un punto detrás del espejo (foco virtual). Por ello, a estos espejos se les denomina **divergentes**.

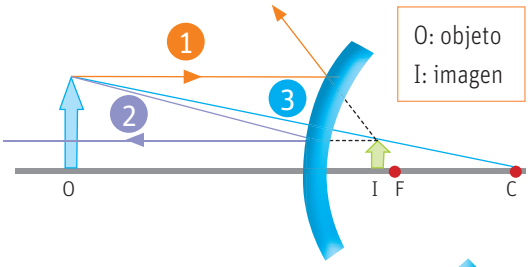
Los rayos notables

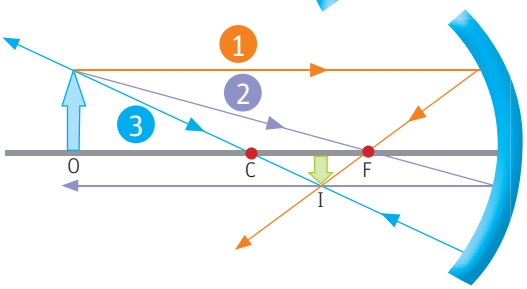
Para poder dibujar la imagen que se forma en un espejo curvo, es recomendable seguir ciertas indicaciones gráficas. Para simplificar, se reemplaza el dibujo del objeto por una flecha y desde su punta se consideran al menos dos de los tres rayos (líneas rectas) que viajan hacia el espejo. Cada uno de los rayos se explica a continuación:

1 Rayo paralelo
Se traza desde la punta de la flecha (paralelo al eje óptico) hasta el espejo donde se refleja. En el caso del espejo cóncavo, el rayo reflejado se hace pasar por el foco; en el espejo convexo, la proyección del rayo reflejado se hace pasar por el foco.

2 Rayo focal
En el espejo cóncavo, se dibuja desde la punta de la flecha hasta el espejo, pasando por el foco y reflejándose paralelo al eje óptico. En el espejo convexo, se traza desde la punta de la flecha hasta el espejo (la proyección de este rayo debe pasar por el foco).

3 Rayo radial
En el espejo cóncavo, se traza el rayo incidente desde la punta de la flecha (por el centro de curvatura) hasta el espejo y se refleja sobre sí mismo. En el espejo convexo, se dibuja el rayo desde la punta de la flecha y se proyecta hasta el centro de curvatura, detrás del espejo.

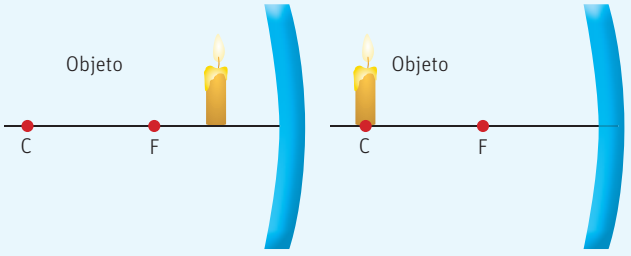




Aplica

Fernanda y Sebastián desean saber qué tipo de imágenes se formarán al situar una vela frente a un espejo cóncavo, en dos posiciones distintas, tal como se muestra en los esquemas.

a. ¿Qué procedimiento deben realizar? Háganlo.
b. Determina, dibujando en tu cuaderno, cuáles son las características de las imágenes en cada caso.



Aplicaciones de los espejos

Gracias a sus múltiples cualidades, los espejos curvos tienen una gran cantidad de usos en la vida cotidiana, en la ciencia y en la industria. A continuación, analizaremos algunos de ellos.

Espejos retrovisores

El espejo retrovisor de los vehículos es convexo. Debido a esto aumenta el campo visual del observador, permitiendo un mayor control sobre lo que ocurre en el entorno. En cruces y calles estrechas que no tienen buena visibilidad, también se instalan espejos convexos que permiten ampliar el rango de visión. Sin embargo, como las imágenes producidas por este tipo de espejos son más pequeñas, es difícil estimar las distancias.

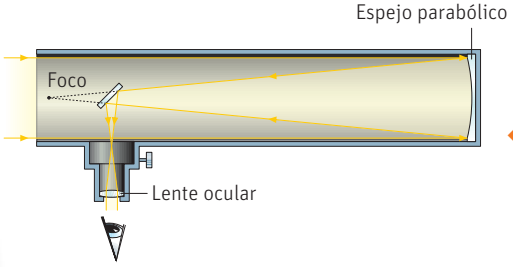
Generación de energía

En la actualidad, los sistemas de espejos son cada vez más utilizados para generar energía eléctrica. Por ejemplo, los espejos curvos se utilizan para elevar la temperatura de un fluido contenido en una tubería. Esta se sitúa en el foco del espejo (donde se concentra mayor luz solar). Cuando esto ocurre, el fluido se mueve y transfiere su energía a un alternador que finalmente produce la energía eléctrica.

Telescopio reflector

Para poder concentrar una mayor cantidad de la luz proveniente de las estrellas, se utilizan espejos convergentes. Estos son la base de los telescopios reflectores o newtonianos, cuyo espejo principal puede llegar a tener más de 12 m de diámetro (ver esquema inferior). Actualmente, el telescopio espacial Hubble orbita nuestro planeta y cuenta con un espejo primario que tiene un diámetro de 2,4 m. La ventaja de este telescopio es que puede captar imágenes sin la interferencia de la atmósfera.

↑ Telescopio Hubble

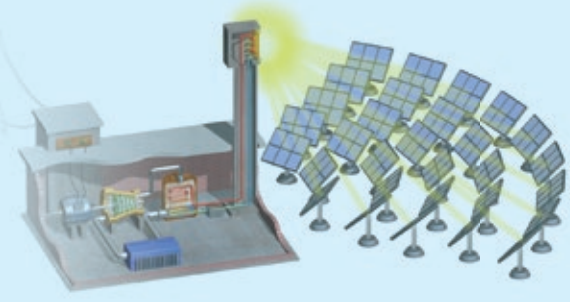


← Los rayos de luz que entran a un telescopio reflector son reflejados por un espejo parabólico. Este los hace converger sobre un pequeño espejo plano, el que, a su vez, los redirige a un lente ocular.

CIENCIA en CHILE

La primera planta termosolar de América Latina

Se espera que el año 2017 finalice la construcción de la primera planta termosolar de América Latina, la que se ubicará en el norte de Chile, específicamente en el Cerro Dominador, de la Región de Antofagasta. Una planta termosolar funciona en base a espejos planos (dispuestos como un gran espejo convexo) que concentran la energía lumínica del Sol sobre un área pequeña. La iniciativa tiene como finalidad ampliar la matriz energética de Chile.



Formación de imágenes en lentes

Las lentes son piezas elaboradas de material transparente y limitadas por dos superficies, que pueden ser curvas, o bien una plana y la otra curva. Su funcionamiento se basa en la refracción, ya que hace variar la dirección de los haces de luz mediante el cambio de medio de propagación, principalmente aire-vidrio (o viceversa).

Lentes convergentes

Las lentes convergentes se caracterizan por ser más gruesas en el centro que en los bordes. Por esta razón, cuando inciden sobre ellas una serie de rayos de luz (paralelos al eje óptico o de simetría), se refractan y luego se intersecan después de atravesarlas, en un punto llamado **foco principal** (F). La distancia entre el centro de una lente y el foco principal se denomina **distancia focal** (f).

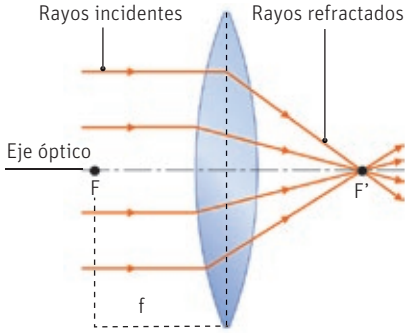
Para determinar gráficamente la posición, el tamaño y la orientación de la imagen en una lente convergente biconvexa, se utilizan dos de tres rayos característicos (rayos notables) que se describen a continuación:

1. El primer rayo se traza paralelo al eje óptico, se refracta en la lente y llega al foco real.
2. El segundo rayo se traza por el centro óptico (O) y no se desvía.
3. El tercer rayo se hace pasar por el foco, al llegar a la lente se refracta y sigue paralelo al eje de simetría.

A partir de la utilización de los rayos característicos analizaremos dos casos: cuando el objeto está lejos del foco y cuando este se encuentra entre el foco y la lente.

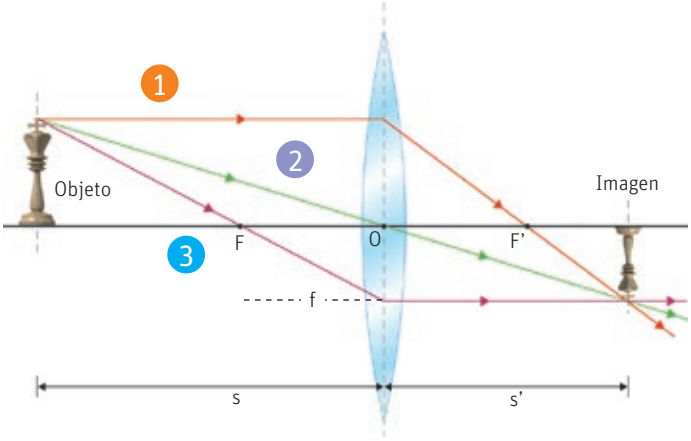
Tipos de lentes convergentes

Biconvexo Convexo-cóncavo Plano-convexo



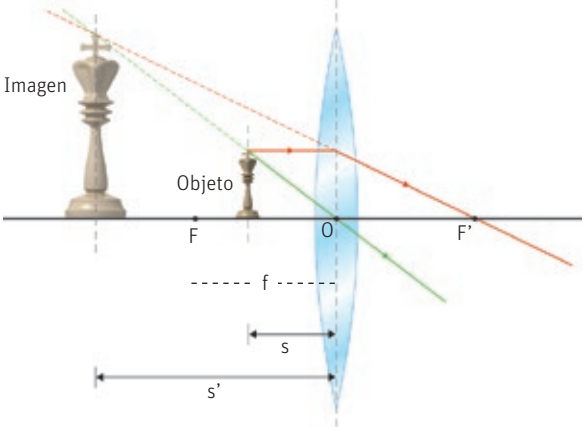
Cuando un haz de rayos paralelos incide sobre una lente convergente, cada rayo se refracta y converge a un punto focal situado más allá de la lente. Si la lente es biconvexa, los focos F y F' se encuentran a la misma distancia de esta.

Objeto lejano



Si la distancia focal (f) es menor que la distancia del objeto a la lente (s), la imagen que se obtiene es real, invertida y de menor tamaño.

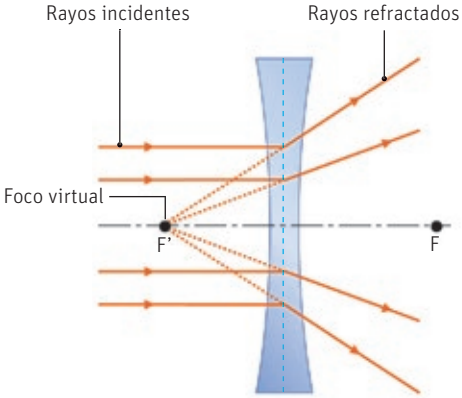
Objeto entre el foco y la lente



Si la distancia focal (f) es mayor que la distancia del objeto a la lente (s), la imagen que se obtiene es virtual, derecha y de mayor tamaño. En este caso, no fue necesario recurrir al tercer rayo para obtener la imagen. Acá la lente actúa como una lupa.

Lentes divergentes

Las lentes divergentes se caracterizan por ser más delgadas en su centro que en los bordes. Debido a esto, tienden a dispersar los rayos de luz que inciden sobre ellas. En una lente divergente, el foco se ubica en el punto donde se intersecan las proyecciones de los rayos refractados. A este punto se le denomina **foco virtual**.

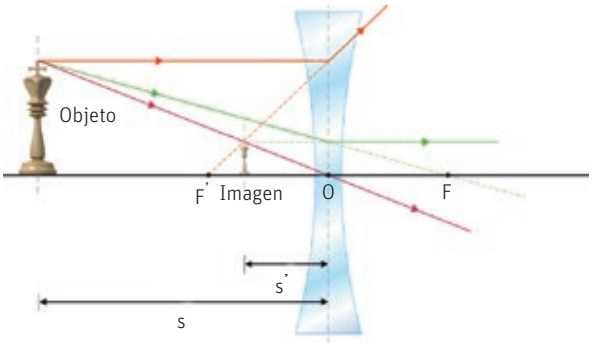


Cuando los rayos inciden sobre una lente divergente, se refractan, separándose unos de otros (se dispersan). La luz se refracta de forma tal, que esta parece provenir de un punto situado frente a ella.

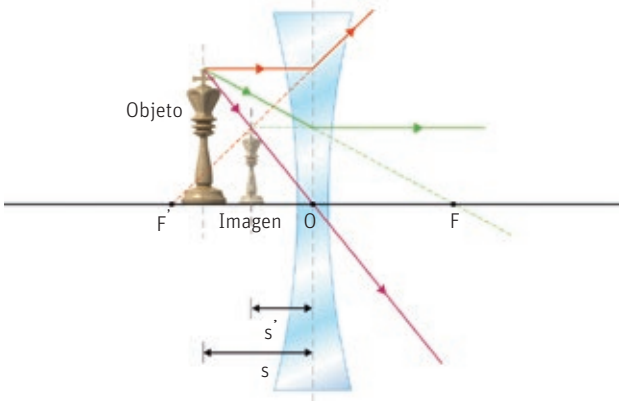
Tipos de lentes divergentes

Para determinar gráficamente el tamaño y la ubicación de la imagen formada en una lente divergente, se utilizan los mismos rayos empleados en las lentes convergentes. Es importante mencionar que en una lente divergente, para cualquier posición del objeto, se obtiene una imagen virtual, derecha y de menor tamaño que el objeto. Analicemos los siguientes casos:

Objeto lejano

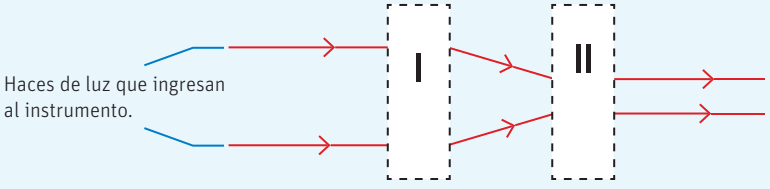


Objeto entre el foco y la lente



Crea

Imagina que eres un fabricante de telescopios del siglo XVII, y se te encarga la creación de un instrumento óptico que pueda hacer lo siguiente con los haces de luz que lo atraviesan.



¿Qué tipo de lentes deberías ubicar en la posición I y II, respectivamente?

Conectando con...

Las TIC

Ingresa el código TF1P097 en la página web de tu texto. Ahí encontrarás una animación interactiva y un video que permitirán observar el trazado de rayos en lentes convergentes y divergentes.

Aprendiendo a aplicar modelos

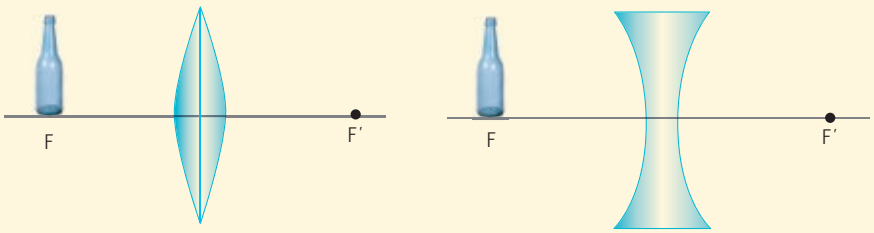
¿Cómo aplicar los rayos notables para obtener la imagen en diferentes tipos de lentes?

Situación problema

Habilidad
Emplear modelos para apoyar explicaciones.

Actitud
Valorar la importancia de los métodos sistemáticos en la resolución de problemas.

Después de la clase de física, Antonia se pregunta qué tipo de imagen se formará al situar un objeto (representado por una botella) frente a una lente convergente y biconvexa, sobre el eje óptico y exactamente en el punto focal. Lo mismo se pregunta respecto de una lente divergente (bicóncava).



Paso 1 — Identifica las incógnitas

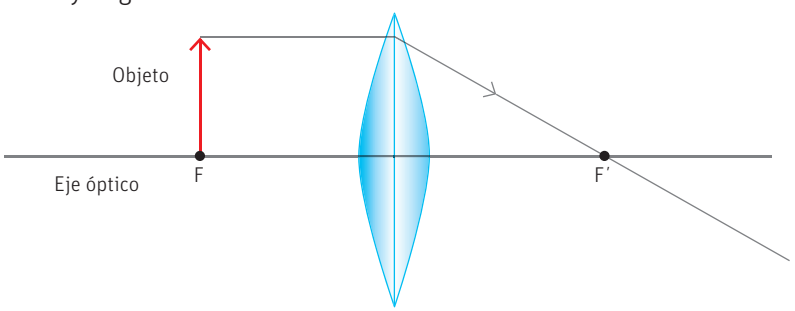
En la situación propuesta, las variables a determinar no presentan características cuantitativas, ya que no son numéricas. En este caso, debemos determinar variables del tipo cualitativas, dado que se definen en función de características como el tamaño relativo, la posición y la orientación.

Paso 2 — Registra los datos

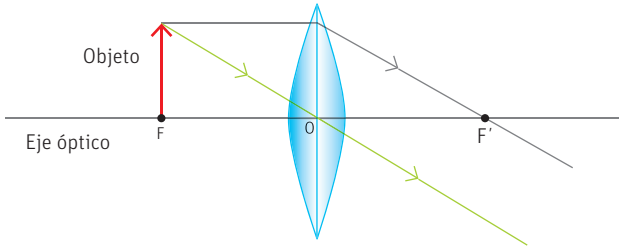
Los datos conocidos en ambas situaciones (lente convergente y divergente) son que el objeto está situado en el punto focal y sobre el eje óptico.

Paso 3 — Utiliza modelos

Primero, para determinar las características de la imagen en la lente convergente, debemos aplicar el trazado de rayos notables. Es importante mencionar que, para efectos de análisis, representaremos al objeto mediante una flecha (↑). El primer rayo se traza paralelo al eje óptico, se refracta en la lente y llega al foco F'.

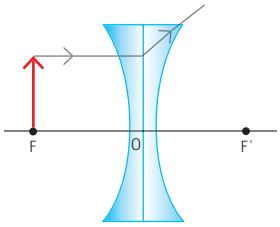


Ahora, trazamos el segundo rayo notable. Este se dibuja desde el extremo superior del objeto y se hace pasar por el centro de la lente (O).

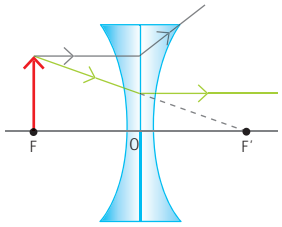


Dado que el objeto se encuentra sobre el foco, no es necesario trazar el otro rayo característico. Como los rayos son paralelos, estos no se intersecan, por lo que no se forma la imagen del objeto. Por esta razón, no puede ser dibujada en el esquema anterior.

Para determinar la imagen resultante en la lente divergente, replicamos el proceso anterior.

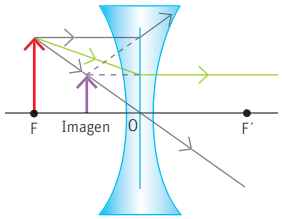


El primer rayo se traza paralelo al eje óptico y se refracta al llegar a la lente.



El segundo rayo se traza desde el extremo del objeto y se refracta paralelo al eje (su proyección se interseca con el foco F').

Luego, el tercer rayo se traza desde el extremo superior del objeto y se hace pasar por el centro de la lente. Finalmente, la imagen se obtiene al intersecar las proyecciones de los dos primeros rayos con el último.



Paso 4 Comunica los resultados

En la primera situación, la imagen resultante no se puede representar, dado que los rayos son paralelos. Por esto, se dice que se forma en algún lugar del infinito. En el caso de la lente divergente, la imagen resultante se encuentra ubicada entre el foco (F) y la lente, es de menor tamaño que el objeto y su orientación es derecha.

Desafío

Aplica

Determina el tipo de imagen que se forma cuando un objeto es situado a la izquierda de una lente convergente y a dos distancias focales (2f) del centro de la lente. Considera que el objeto se encuentra invertido (al revés) respecto del eje óptico.

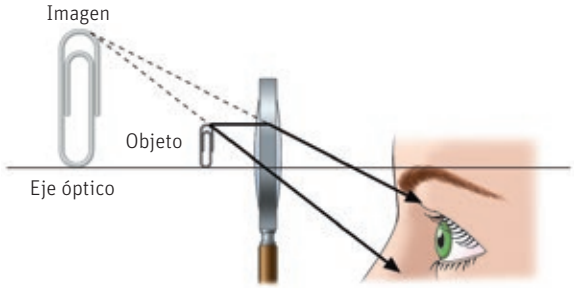
Realiza junto con un compañero o compañera una actividad experimental en la que se muestre una aplicación de una lente convergente.

Aplicaciones de las lentes

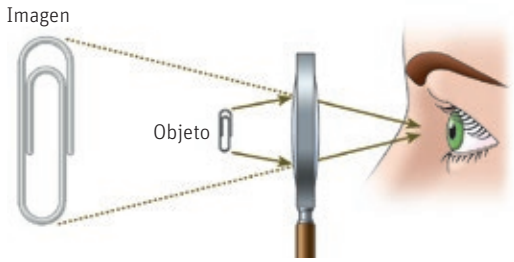
La invención de las lentes dio inicio a una verdadera revolución científica, pues hizo posible que veamos más allá de lo que nuestros ojos nos permiten. Ciencias como la astronomía, la biología y la medicina deben parte de su desarrollo a la invención de los instrumentos ópticos, que constituyen el principal uso de las lentes. A continuación, analizaremos algunos de estos dispositivos.

La lupa

La lupa es un instrumento óptico que consta de una sola lente convergente. Las imágenes que se pueden visualizar a través de ella son virtuales, derechas y más grandes. El tamaño de la imagen que se forma en la retina depende del ángulo subtendido por el objeto en el ojo.



Aquí se muestra la refracción que experimentan dos rayos característicos cuando pasan a través de la lente.



Mediante el uso de rayos característicos, es posible determinar el tamaño de la imagen.

El telescopio refractor

Una lupa proporciona un aumento limitado para observar un objeto. ¿Cómo se puede conseguir un mayor aumento utilizando lentes? La respuesta es combinando dos de ellas. Este sistema es la base de un instrumento óptico conocido como **telescopio refractor**, donde se utilizan dos lentes, uno ocular y uno objetivo. Las lentes están dispuestas de tal manera que el objetivo forma una imagen real e invertida de un objeto distante, muy cerca del punto focal del ocular.

Antiguamente, los telescopios refractores eran los más utilizados para realizar observaciones astronómicas. Hoy en día este tipo de telescopio sigue siendo empleado por astrónomos aficionados y estudiantes.

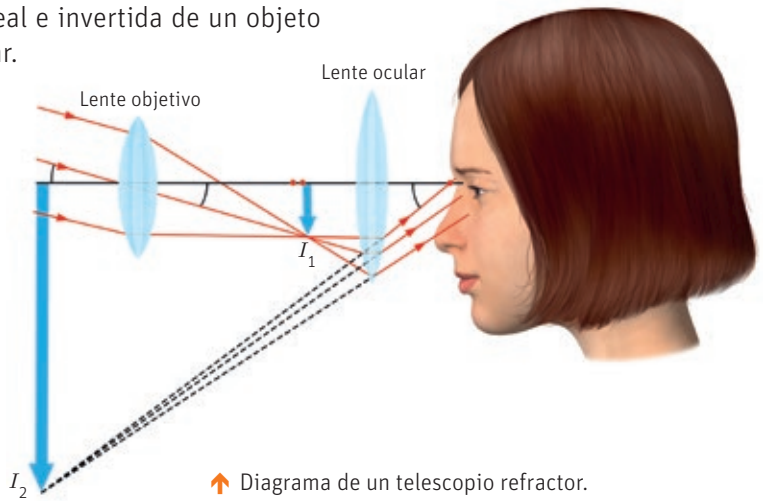
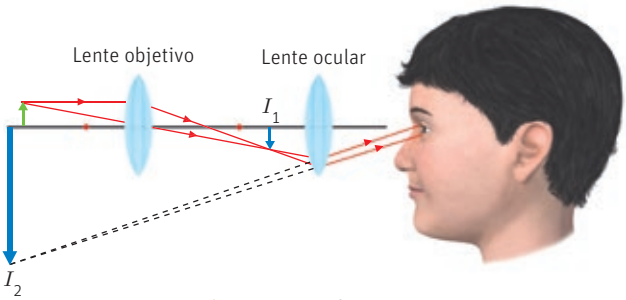


Diagrama de un telescopio refractor.

Como se considera que el objeto está en el infinito, el lugar donde se forma I_1 es el punto focal del objetivo. Después, en el ocular se forma I_2, una imagen amplificada de la imagen I_1.

El microscopio compuesto

Igual que en un telescopio, un **microscopio**, se compone de: una lente, el **objetivo**, cuya distancia focal es muy corta (menor a un centímetro), y una segunda lente, **el ocular**, que tiene una distancia focal de unos cuantos centímetros.



↑ Diagrama de un microscopio compuesto.

← Los microscopios actuales tienen una torreta con varios objetivos. Esto permite variar el nivel de amplificación de la imagen.

Otros instrumentos ópticos

Existen otros aparatos ópticos similares a los telescopios, como los **prismáticos** o **binoculares**. Estos son utilizados para ampliar la imagen de objetos distantes, pero al poder mirar a través de ellos con los dos ojos, producen un efecto de estereoscopía. Por esta razón, son más cómodos de usar. Otro instrumento óptico es el **catalejo,** muy similar al telescopio pero de menor alcance, en el que, generalmente, el ocular se encuentra en un cilindro móvil.

Investiga sobre el funcionamiento de otros instrumentos ópticos como por ejemplo el proyector y la fibra óptica.

↑ Prismáticos

Ayuda

En óptica, la estereoscopía es una técnica que permite percibir una imagen de manera tridimensional, creando una ilusión de profundidad.

Proyecto

Construcción de un telescopio refractor

Objetivo

Aplicar las propiedades de las lentes, para construir un instrumento óptico que permita captar imágenes distantes.

Habilidad

Investigar, recopilar información, integrar conocimientos de distintas áreas, diseñar y crear material concreto.

Actitudes

Incentivar el trabajo colaborativo y el compromiso para llevar a cabo una tarea.

Importante

- Utilicen los conocimientos adquiridos en la unidad como base para realizar su proyecto. Es importante que sepan que tienen la libertad de introducir modificaciones al proyecto propuesto. Por ejemplo, en lugar de construir un telescopio pueden confeccionar un microscopio simple.
- Lleven a cabo todas las etapas necesarias y entreguen este reporte a su profesor o profesora una vez finalizado su proyecto.
- Para saber acerca del contexto histórico en el que se inventaron los primeros telescopios, pueden buscar apoyo en su profesora o profesor de Historia.

Plazo sugerido

Se proponen dos semanas para concretar el proyecto.

→ Pista: ¿Será necesario utilizar lupas?

Conexión con...

las TIC

Se les sugiere recurrir al uso de algún medio digital para grabar un video de la ejecución de su proyecto. Luego, compartan su experiencia con el resto de sus compañeros, subiendo el video a alguna plataforma de internet o a través de las diferentes redes sociales.

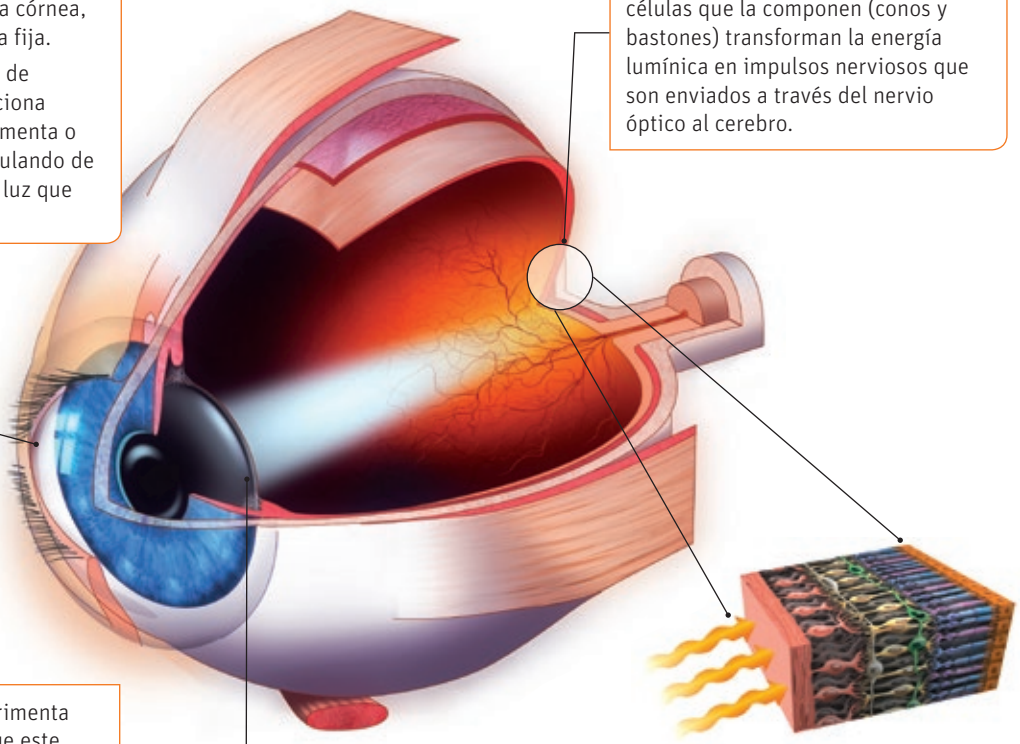
¿Cómo percibimos la luz?

El ser humano puede percibir la luz gracias a un órgano especializado para ello, el ojo. Los ojos transforman una onda electromagnética (la luz) en impulsos nerviosos (señales eléctricas). Para analizar cómo la luz es captada por este órgano, observa las siguientes imágenes y lee la información asociada a cada una de ellas.

La luz que llega al ojo experimenta una primera refracción en la córnea, una membrana de curvatura fija.

Luego de eso, pasa a través de la **pupila**, donde el iris funciona como un diafragma, que aumenta o disminuye su diámetro, regulando de esta manera la cantidad de luz que pasa al interior.

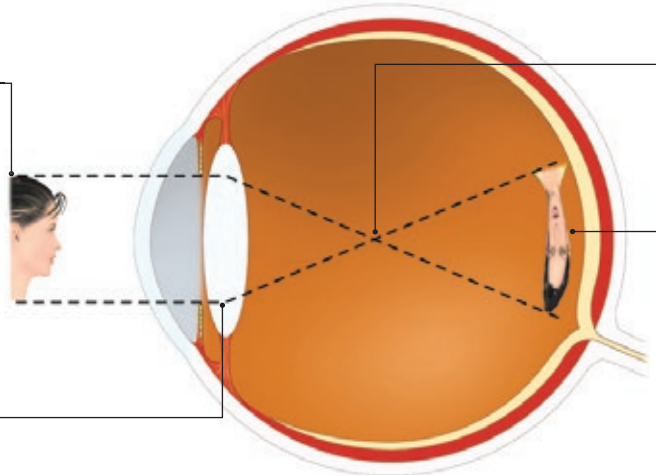
Cuando la luz llega a la **retina**, las células que la componen (conos y bastones) transforman la energía lumínica en impulsos nerviosos que son enviados a través del nervio óptico al cerebro.



En el **cristalino** la luz experimenta una nueva refracción, ya que este actúa como una lente cuya curvatura puede ser modificada mediante los músculos ciliares. Por esta razón, es posible enfocar los objetos situados a diferentes distancias.

Desde el objeto provienen los rayos luminosos que viajan hacia el ojo.

Al interior del ojo los rayos de luz se cruzan.

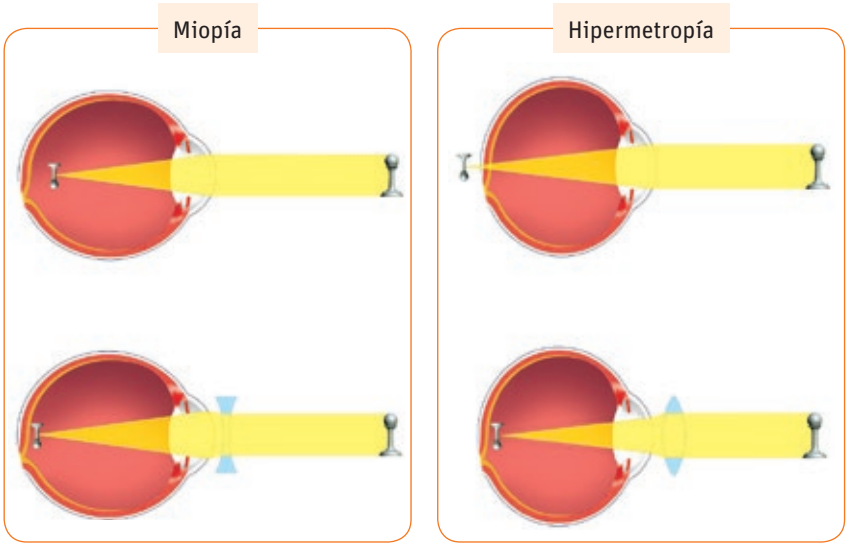


La inversión de los rayos genera en la retina una imagen invertida. Nuestro cerebro se encarga de generar una imagen derecha del mundo que nos rodea.

El cristalino permite un enfoque preciso del objeto observado.

Tecnologías correctivas de la visión

Los principales problemas oculares guardan relación con alteraciones en la forma del globo ocular. A continuación, analizaremos cómo las lentes permiten corregir algunas de estas anomalías de la visión.



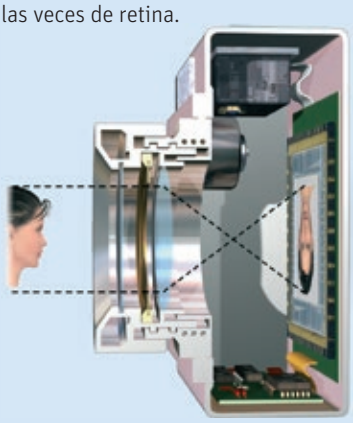
En la miopía, la imagen se forma antes de llegar a la retina. Esta situación se corrige con una lente divergente.

En la hipermetropía, la imagen solo llega a formarse más atrás de la retina, situación que se puede corregir con una lente convergente.

Conectando con...

La tecnología

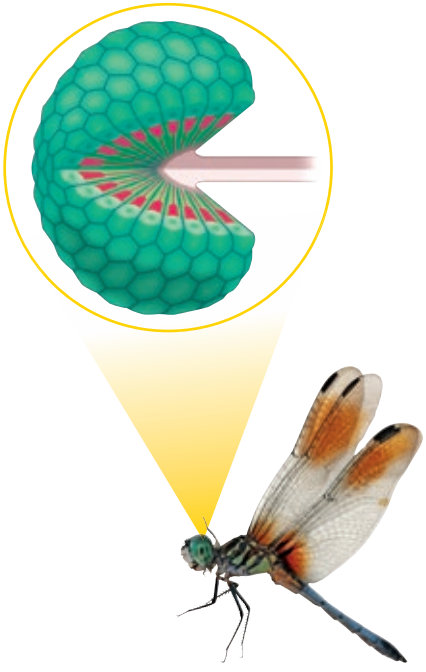
Una cámara fotográfica funciona de manera similar a un ojo humano. El obturador, que se ubica detrás de la lente, hace las veces de pupila, ya que regula el paso de la luz. La lente de la cámara es análoga al cristalino del ojo. Pero a diferencia del cristalino, esta no puede cambiar su curvatura. Por esta razón, para poder enfocar, la ubicación de la lente en una cámara es variable. En una cámara digital, como la representada abajo, un sensor, que responde a diferentes longitudes de onda, hace las veces de retina.



Otras formas de ver

Muchos animales perciben la luz de manera diferente a como lo hacemos nosotros. De hecho, ciertos insectos ven en espectros que no son visibles para el ser humano. Por ejemplo, las abejas pueden percibir la luz ultravioleta, lo que les permite detectar algunas variedades de flores.

Más de alguna vez habrás observado que los ojos de los gatos brillan en la oscuridad y que estos animales son capaces de desplazarse y hasta cazar en lugares donde nosotros apenas logramos distinguir las formas. Esto se debe a que los felinos poseen en su ojos un mayor número de células fotorreceptoras, conocidas como bastones, siendo más sensibles a menores cantidades de luz. Además, sus pupilas tienen la capacidad de dilatarse mucho más que las de un ser humano.



En la imagen se representa un ojo compuesto, característico de cierto tipo de insectos.

Investiga y sintetiza

- Realicen una investigación bibliográfica, en diferentes medios de información, sobre cómo perciben la luz algunas especies animales. Es importante que describan el rango del espectro en el que pueden ver, así como la fisiología del ojo de las especies escogidas, para hacer una comparación con la estructura ocular humana.
- Construyan un mapa conceptual con las principales nociones trabajadas en esta lección. Incluyan, además, algunas actitudes y habilidades desarrolladas junto con las temáticas.

INTEGRA tus nuevos aprendizajes

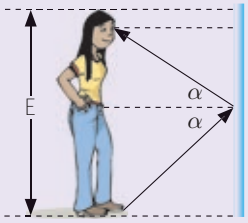
Para que sepas cómo va tu proceso de aprendizaje, te invitamos a realizar las siguientes actividades.

Aprendiendo a responder

Analiza la siguiente pregunta modelada.

Sandra quiere instalar un espejo en su dormitorio, de manera de poder verse de cuerpo entero. ¿De qué tamaño tiene que ser el espejo en relación a la estatura de Sandra?

Para estimar el tamaño del espejo, debemos realizar el siguiente esquema.

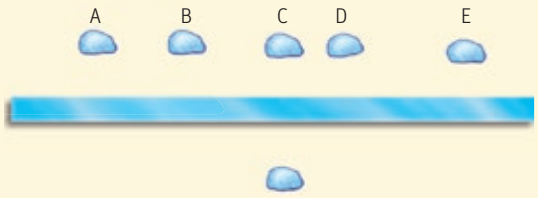


Al observar el esquema, nos podemos dar cuenta por la ley de reflexión, que Sandra puede observar sus pies en el espejo aproximadamente a la mitad de su altura. Por lo tanto, el espejo debe ser igual o levemente mayor a la mitad de la estatura de Sandra para que pueda observarse de cuerpo entero.

Ahora tú

Analiza

1. Viviana observa la imagen de un objeto frente a un espejo plano, tal como se representa en la siguiente imagen:



Viviana

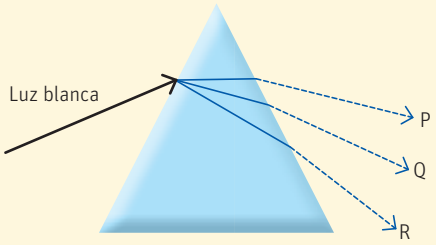
¿En cuál de los siguientes puntos A, B, C, D o E, Viviana verá la imagen del objeto?

Evalúa

2. Cuando Edgardo le explica a su hermano por qué percibimos el color verde de una hoja, le dice que esto sucede ya que la hoja absorbe el color verde de la luz que incide sobre ella y que refleja todos los demás colores. ¿Es correcta la explicación dada por Edgardo a su hermano? De no ser así, conviértela en correcta.

Identifica

3. Felipe estudia el fenómeno de dispersión cromática de la luz blanca, cuando esta atraviesa un prisma. Para ello, realiza el siguiente esquema:



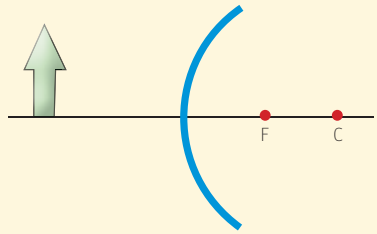
Sin embargo, no recuerda el orden en el que se dispersan los colores. ¿Cuáles son los colores más probables para P, Q y R, respectivamente?

A. Rojo, violeta y amarillo.
B. Rojo, amarillo y violeta.
C. Violeta, amarillo y rojo.
D. Violeta, rojo y amarillo.
E. Amarillo, rojo y violeta.

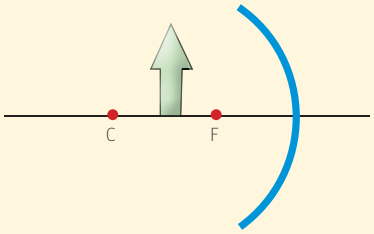
Aplica

4. Lucía ubica un objeto frente a un espejo convexo y luego frente a un espejo cóncavo, tal como se representa en los esquemas:

a.



b.

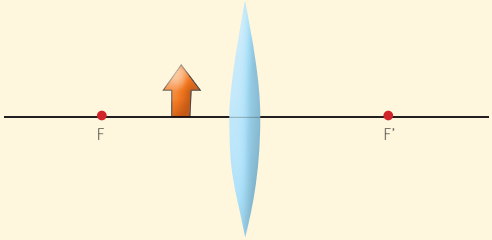


¿Qué tipo de imagen resultará en cada caso?

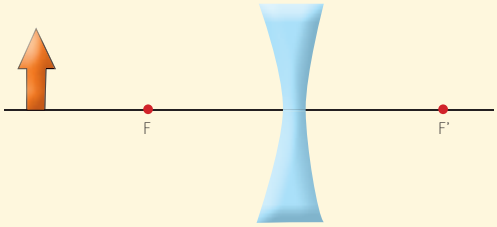
Aplica

5. Fernando desea saber qué imagen se formará al situar los siguientes objetos frente a dos tipos de lentes:

a.



b.



Si utiliza los rayos notables, ¿qué tipo de imagen obtendrá en cada caso?

¿Cómo vas?

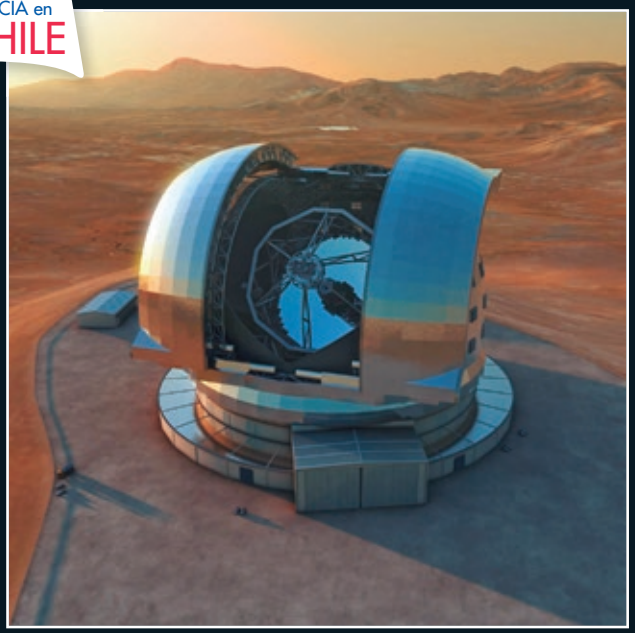
Revisa tus respuestas en el solucionario y según los resultados que hayas obtenido, marca con ✓ el nivel de desempeño correspondiente. Pídele ayuda a tu profesor o profesora.

Indicador	Ítems	Habilidades	Nivel de desempeño
Reconocí los fenómenos relacionados con la formación y la percepción de los colores.	2 y 3	Evaluar e identificar.	**L**: dos ítems correctos. ☐ **ML**: un ítem correcto. ☐ **PL**: ningún ítem correcto. ☐
Analicé y expliqué la formación de imágenes en espejos y lentes.	1, 4 y 5	Analizar y aplicar.	**L**: tres o dos ítems correctos. ☐ **ML**: un ítem correcto. ☐ **PL**: ningún ítem correcto. ☐
L = Logrado; **ML** = Medianamente logrado; **PL** = Por lograr			

- Hasta el momento, ¿qué concepto(s) y/o habilidad(es) piensas que has logrado trabajar de mejor manera?, ¿qué habilidad(es) debes reforzar?
- ¿Has podido cumplir alguna de las metas que te propusiste? De ser así, ¿a qué lo atribuyes?
- ¿Qué actitud trabajada en las distintas actividades de la lección debes mejorar?

El mayor TELESCOPIO REFLECTOR del mundo se construirá en Chile

CIENCIA en CHILE



Uno de los principales objetivos de la comunidad astronómica mundial es la construcción de telescopios cada vez más grandes y potentes en la Tierra. Estos ampliarán los conocimientos en astrofísica, sobre temas como planetas alrededor de otras estrellas, los primeros objetos nacidos en el universo, agujeros negros súper masivos, la naturaleza y distribución de la materia y la energía oscura en el universo.

El Norte de Chile, específicamente el cerro Armazones (desierto de Atacama), fue el lugar escogido para la construcción del telescopio óptico más grande del mundo, el llamado E-ELT, por su nombre en inglés, *European Extremely Large Telescope* o Telescopio Europeo Extremadamente Grande.

El espejo primario del E-ELT posee un diámetro de 39 m (ya que es un telescopio reflector o newtoniano) y podrá observar en el espectro visible y en el infrarrojo. Se espera que esté en operaciones el año 2022, aportando valiosa información que permita desentrañar los misterios que aún persisten en el universo.

Fuente: ESO

FIBRA ÓPTICA, una aplicación de la reflexión total interna

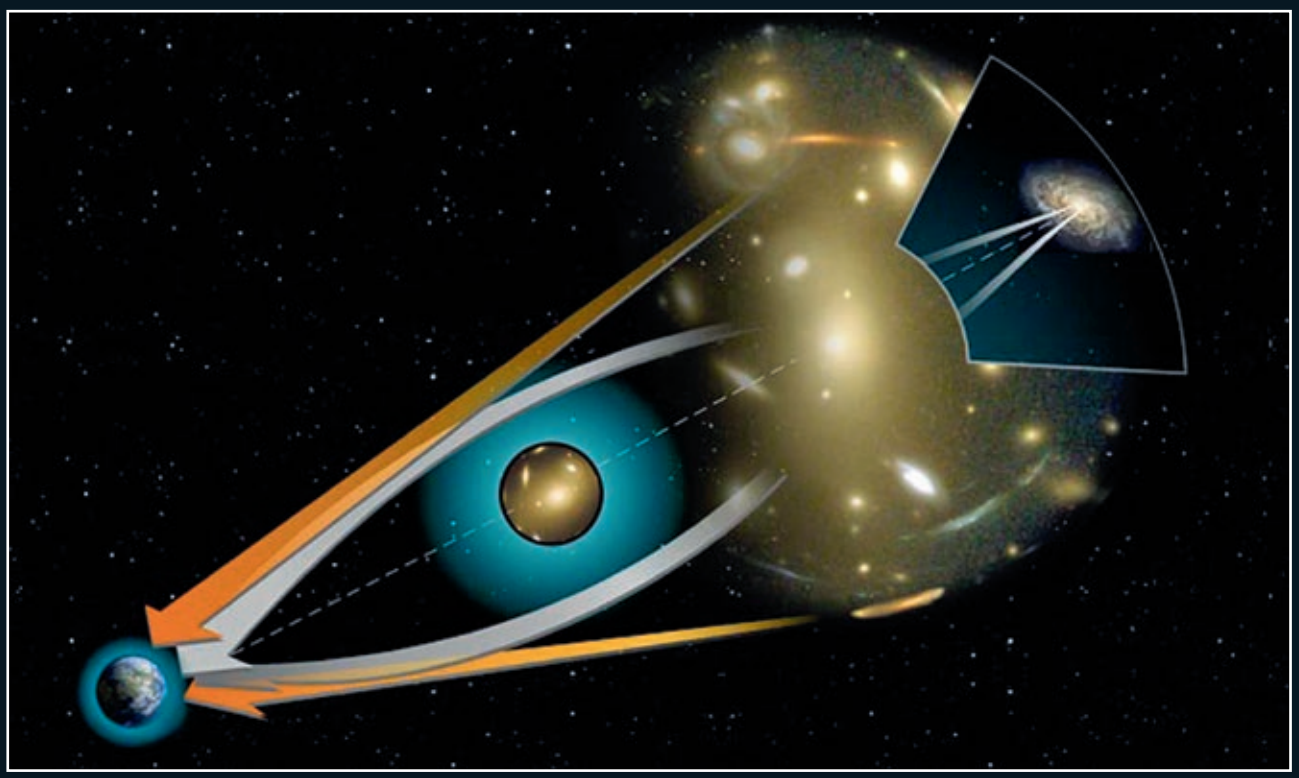
La reflexión total interna se produce cuando un haz de luz pasa de un medio con un alto índice de refracción a otro de menor índice de refracción. Por ejemplo, si sumergimos una fuente de luz en el agua y direccionamos los haces hacia el aire, el ángulo refractado de estos (que pasan hacia el aire) se alejará cada vez más de la normal al aumentar del ángulo de incidencia. Para cierto ángulo (denominado ángulo crítico), el haz de luz no sale del agua, sino que se refleja íntegramente en la superficie interna del líquido.

Este fenómeno, conocido como reflexión total interna, es el principio de la fibra óptica, que consiste en un filamento de vidrio por el que se transmite un haz de luz o algún otro tipo de ondas electromagnéticas (ya que estas son de la misma naturaleza). La luz que viaja al interior del filamento de vidrio se refleja múltiples veces en la superficie interna de la fibra (ver imagen), de modo tal que se puede transmitir una gran cantidad de información. En la actualidad, una infinidad de datos, como las señales de radio, televisión o internet, pueden ser transmitidos a través de ondas electromagnéticas.

Las lentes GRAVITACIONALES

Cuando la luz pasa a través de una lente, debido a la refracción, experimenta un cambio de rapidez y de dirección, lo que puede amplificar la imagen de un determinado objeto. ¿Se puede generar el mismo efecto que una lente sin que la luz cambie de medio de propagación? Esto ocurre de manera natural en el espacio. Cuando la luz pasa cerca de un cuerpo de gran masa, experimenta una desviación debido a la presencia de un campo gravitacional. Este fenómeno se conoce como lente gravitacional y fue predicho por Albert Einstein en su teoría general de la relatividad.

En una lente gravitacional, los rayos de luz procedentes de galaxias distantes son desviados al pasar por cuerpos de gran masa, de manera similar a como lo hacen cuando atraviesan el vidrio de una lupa. Una lente gravitacional no afecta únicamente a la luz, sino que a todo tipo de radiación electromagnética. De esta manera, carece de aberración cromática, es decir, su efecto no depende de la longitud de onda de la luz sobre la que actúa. Esto permite analizar los objetos amplificados por la lente mediante las técnicas habituales de observación astronómica.



Fuente: Archivo editorial

Reflexiona

Reúnanse en grupos de tres o cuatro integrantes. Luego, respondan:

a. ¿Piensan que es importante invertir en el desarrollo de costosos instrumentos para la observación astronómica? Argumenten a favor y en contra.

b. En la segunda lectura se habla de las posibles aplicaciones tecnológicas que tendría poder detener la luz. Respecto de esto, ¿qué relación piensan que existe entre el desarrollo de la ciencia y el de la tecnología? Debatan entre ustedes.

c. Las lentes gravitacionales fueron predichas por Albert Einstein. Sin embargo, ¿qué habría sucedido si la astronomía nunca hubiese comprobado este fenómeno?, ¿qué valor le asignan a las evidencias en ciencias?

SINTETIZA tus aprendizajes

A continuación, se presenta una síntesis con las nociones esenciales, junto a las habilidades y actitudes desarrolladas a lo largo de la unidad.

Nociones esenciales

Lección 3: ¿Qué es y cómo se comporta la luz?

La luz

Es una onda electromagnética originada por cargas eléctricas aceleradas. Según la mecánica cuántica, la luz puede considerarse como una onda o como una partícula, esta última denominada fotón o cuanto de energía.

Forma parte del:

Los principales modelos explicativos, a lo largo de la historia, son:

- **Modelo corpuscular:** propuesto por Isaac Newton, en el que planteaba que la luz estaba compuesta de diminutas partículas denominadas corpúsculos.
- **Modelo ondulatorio:** propuesto por Christian Huygens, en el planteaba que la luz era una onda similar al sonido.
- **Teoría electromagnética:** propuesta por James Maxwell, plantea que la luz es una onda electromagnética al igual que las ondas de radio.
- **Modelo dual:** es el modelo aceptado actualmente, donde la luz se comporta como ondas y como partículas.

Algunas características de su propagación son:

- **Propagación rectilínea:** una evidencia de este hecho es la formación de sombras.
- **Rapidez:** en el vacío, la luz se mueve con una rapidez de $3 \cdot 10^8$ m/s.

Sus propiedades ondulatorias son:

- La reflexión
- La refracción
- La difracción
- La interferencia
- La polarización

Fenómeno observado solo en ondas transversales ↔ La polarización

Habilidades y actitudes

Lección 3

Habilidad

Identificación de problemas, hipótesis y procedimientos experimentales.

Actitud

Mostrar perseverancia, rigor y cumplimiento.

Lección 4

Habilidad

Procesar e interpretar datos y formular explicaciones, apoyándose en conceptos y modelos teóricos de nivel.

Actitud

Mostrar interés por conocer la realidad al estudiar fenómenos naturales.

Lección 4: La luz y algunas de sus aplicaciones

Espectro electromagnético

Aparte de la luz visible, se conforma por:

Ondas de radio: aplicadas en telecomunicaciones.

Microondas: utilizadas en telefonía y en la cocción de alimentos.

Radiación infrarroja: empleada por los controles remotos y para calefaccionar.

Radiación ultravioleta: utilizada para la desinfección de equipos médicos y la detección de residuos biológicos.

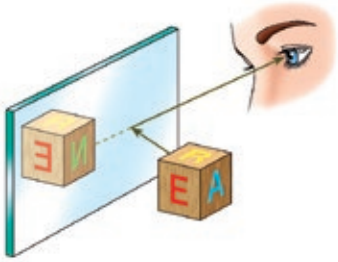
Rayos X: se emplean en medicina, para obtener radiografías de huesos y órganos internos.

Rayos gamma: se usan en la desinfección de alimentos y de utensilios quirúrgicos y en el tratamiento localizado de ciertos tipos de cáncer.

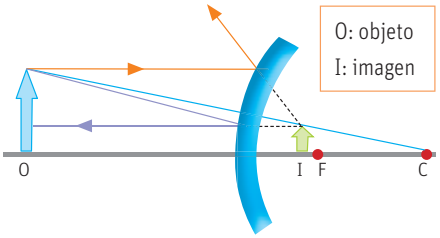
Esta propiedad es la base de:

La formación de imágenes en:

Espejos planos



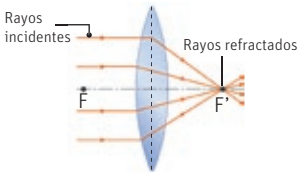
Espejos curvos



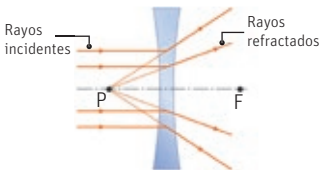
Esta propiedad es la base de:

La formación de imágenes en:

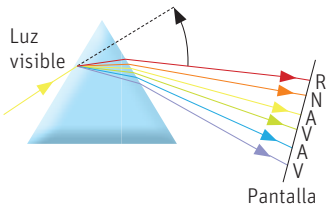
Lentes convergentes



Lentes divergentes



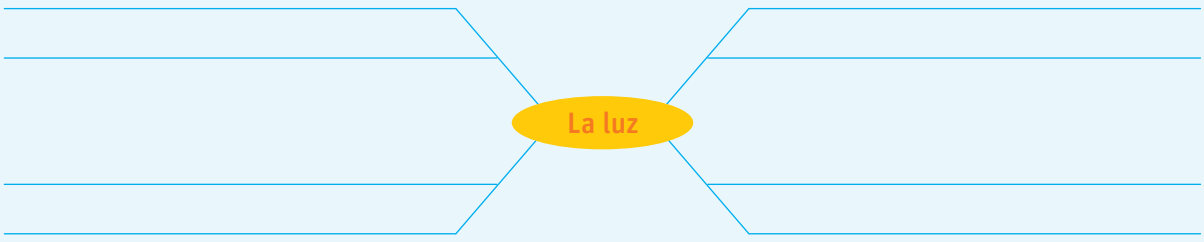
La dispersión cromática



Se produce cuando un haz de luz blanca atraviesa un prisma.

Sintetiza

Para conocer otras formas de organizar y relacionar las nociones esenciales, revisa la página 238 del anexo, y completa el siguiente organizador.



El esquema sugerido es solo referencial, puedes modificarlo añadiendo todas las ramas que consideres pertinentes.

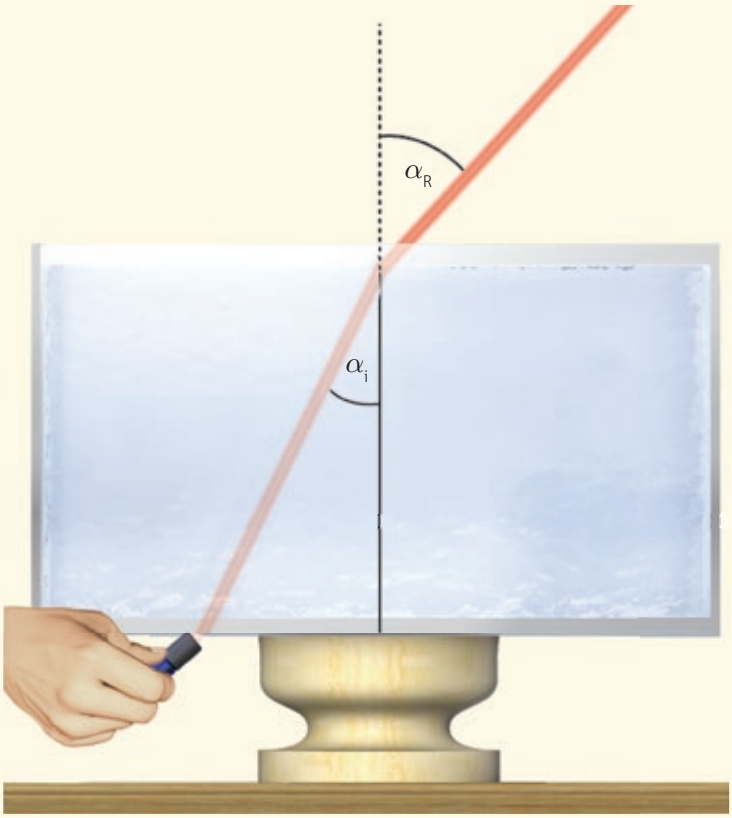
CONSOLIDA tus aprendizajes

Para que sepas cómo se han integrado tus conocimientos y habilidades, te invitamos a realizar las siguientes actividades.

Desarrolla tus conocimientos y habilidades

Lee y analiza la siguiente situación experimental. Después, desarrolla los procedimientos (1 al 4) que se presentan a continuación.

Para analizar algunos fenómenos asociados a la propagación de la luz en diferentes medios, dos amigos, Patricia y Esteban, realizaron el siguiente procedimiento experimental: añadieron agua a un recipiente transparente. Luego, empleando un puntero láser, hicieron incidir un haz de luz desde abajo del recipiente, tal como se representa en la siguiente imagen:



En todo momento, midieron y registraron el ángulo de incidencia (α_i) y el de refracción (α_R), dejando caer maicena para visualizar el rayo del láser en el aire. Cuando el ángulo de incidencia alcanzó un determinado valor, se percataron de que este no salió del agua, sino que se reflejó íntegramente en la superficie interna del líquido, por lo que dejaron de registrar los valores.

1. Explica

a. ¿De qué forma se propaga la luz?

b. ¿Por qué la luz modifica su dirección cuando cambia de medio de propagación?

c. ¿Qué es el índice de refracción?

2. Analiza

Los datos registrados por Patricia y Esteban se muestran en la siguiente tabla:

Ángulo de incidencia (α_i)	Ángulo de refracción (α_R)
15°	20,2°
20°	27,3°
25°	34,3°
30°	41,8°
35°	49,9°
40°	59,0°
46°	No se observó refracción

a. ¿Cómo es el ángulo de refracción, en comparación con el ángulo de incidencia?

b. ¿Es lineal la relación ángulo de incidencia versus ángulo de refracción? Explica.

3. Aplica

a. Determina la rapidez de la luz en el agua. Para ello, considera que el índice de refracción (n) se determina mediante la siguiente relación:

$$n = \frac{c}{v_m}$$

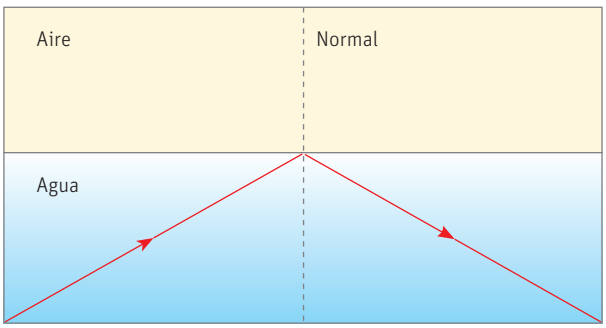
Donde c es la rapidez de la luz en el vacío ($3 \cdot 10^8$ m/s) y v_m es la rapidez de la luz en el medio y, además, el índice de refracción del agua es aproximadamente 1,333.

b. Calcula el índice de refracción de una sustancia en la cual, la rapidez de la luz se reduce una quinta parte (de la rapidez en el vacío).

4. Evalúa

a. Si los datos registrados por Patricia y Esteban permiten concluir cómo es la relación entre dos variables, ¿qué puedes decir de la rigurosidad de sus mediciones? Justifica.

b. ¿Cómo explicarías que, para cierto ángulo, Patricia y Esteban no vieran refracción, sino que por el contrario, observaran la reflexión del rayo de luz? Esto se representa en el siguiente esquema.

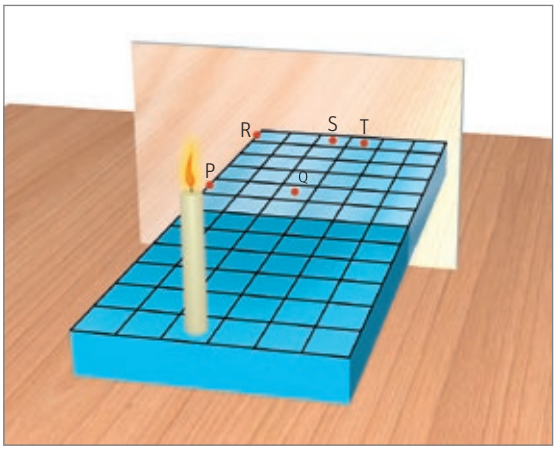


Recurso digital complementario

Pon a prueba tus conocimientos y habilidades

Predice

5. Antonia ubica una vela sobre una superficie cuadriculada y frente a un espejo plano, tal como se representa en la siguiente imagen.



¿Sobre qué punto (virtual), P, R, Q, S o T, se formará la imagen de la vela?

Evalúa

6. Patricio le muestra a su amiga Fernanda la siguiente tabla, donde aparecen los índices de refracción de algunas sustancias:

Sustancia	Índice de refracción	Rapidez de la luz en dicha sustancia
Agua	1,3	V_A
Diamante	2,4	V_D
Vidrio	1,5	V_V

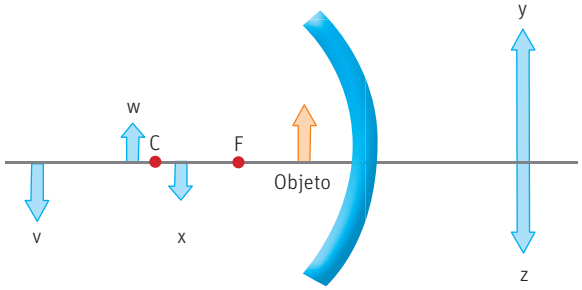
Luego, Patricio le pide a Fernanda que ordene las rapideces de la luz en cada sustancia, de mayor a menor valor. Fernanda responde lo siguiente:

$$V_D > V_V > V_A$$

¿Fue correcta la respuesta dada por Fernanda? De no ser así, ¿cuál será el orden adecuado?

Aplica

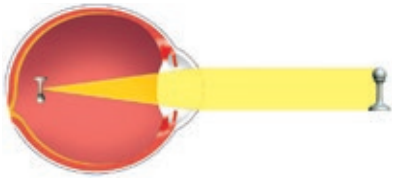
7. Susana sitúa un objeto frente a un espejo cóncavo, tal como se representa a continuación:



¿Qué imagen, V, W, X, Y o Z, se formará? Justifica tu elección haciendo un trazado de rayos.

Aplica

8. La mamá de Joaquín tiene miopía, es decir, la imagen que se forma al interior de sus ojos lo hace antes de llegar a la retina, tal como se ve en la siguiente imagen:



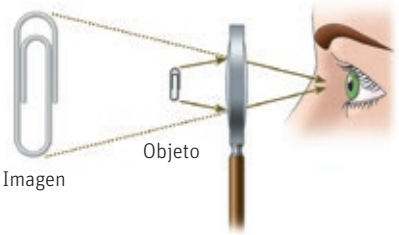
¿Qué características tienen que presentar los vidrios o cristales con que se confeccionan los lentes que la mamá de Joaquín debería utilizar?

Explica

9. ¿Cómo le explicarías a un amigo las características que presenta la imagen de un objeto que es colocado frente a una lente divergente?

Explica

10. Observa la imagen. Luego, responde las siguientes preguntas:



a. ¿Qué tipo de lente utiliza el instrumento óptico representado en la imagen?

b. ¿En qué posición debe estar el objeto, respecto al foco de la lente, para que la imagen se perciba virtual y de mayor tamaño?

Para cerrar

Revisa tus respuestas en el solucionario y según los resultados que hayas obtenido, marca con ✓ el nivel de desempeño correspondiente. Pídele ayuda a tu profesor o profesora.

Indicador	Ítems	Habilidades	Nivel de desempeño
Reconocí y expliqué algunos fenómenos asociados a la propagación de la luz.	1, 2, 3, 4 y 6	Explicar, analizar, aplicar y evaluar.	**L**: cuatro o cinco ítems correctos. ☐ **ML**: tres ítems correctos. ☐ **PL**: menos de tres ítems correctos. ☐
Analicé y apliqué la formación de imágenes en espejos y lentes en diferentes situaciones propuestas.	5, 7, 8, 9 y 10	Predecir, aplicar y explicar.	**L**: cuatro o cinco ítems correctos. ☐ **ML**: tres ítems correctos. ☐ **PL**: menos de tres ítems correctos. ☐
L = Logrado; **ML** = Medianamente logrado; **PL** = Por lograr			

- De los conceptos aprendidos en esta unidad, ¿cuáles te gustaría profundizar?
- ¿Qué habilidad(es) debes mejorar? Elabora una estrategia para que en la unidad que viene puedas lograr dichas habilidades.
- ¿Piensas que fue efectiva la planificación que realizaste en el inicio? Explica.
- ¿Pudiste cumplir con las metas que te propusiste al inicio de la unidad? De no ser así, ¿a qué lo atribuyes?
- ¿Cuál(es) de las actitudes trabajadas en las distintas actividades de la unidad debes fortalecer?
- Para revisar entre ustedes los procedimientos realizados, intercambien sus evaluaciones.

Unidad

3 EL DINAMISMO DE LA TIERRA

¿Crees que la forma de los continentes, la altura de las montañas o el cauce de los ríos han sido siempre los mismos? La Tierra se formó hace unos 4500 millones de años y desde entonces ha experimentado innumerables cambios. Nuestro planeta, lejos de ser un lugar estático, presenta un dinamismo increíble.

Propósito de la unidad

La unidad El **dinamismo de la Tierra** tiene como objetivo que, a partir del estudio histórico de la teoría tectónica de placas, comprendas cómo ocurren fenómenos naturales como los sismos y los volcanes y, además, que alcances tus metas respecto de los aprendizajes propuestos. Con ese fin, en la presente unidad se propone una serie de actividades en la que se articulan conceptos, habilidades y actitudes.

Observa la escena presentada en estas páginas. Luego, responde las siguientes preguntas:

1. ¿Por qué Chile es un país altamente sísmico?
2. ¿Qué elemento presente en la imagen se relaciona con la prevención de una catástrofe natural?
3. ¿Cuál es la última erupción volcánica que recuerdas?

¿Qué vas a aprender?		¿Para qué?
Lección 7: LA DINÁMICA DE LA LITOSFERA		
Noción	• La teoría tectónica de placas.	• Comprender que la superficie de la Tierra cambia en el tiempo.
Habilidad	• A analizar el desarrollo de alguna teoría o conceptos relacionados con las temáticas de estudio.	• Valorar la forma en la que la ciencia desarrolla el conocimiento.
Actitud	• A valorar la perseverancia y el rigor al desarrollar las actividades de la unidad.	• Alcanzar éxito en el proceso de aprendizaje.
Lección 8: EL MOVIMIENTO DE LAS PLACAS TECTÓNICAS Y SUS CONSECUENCIAS		
Noción	• Las consecuencias de la tectónica de placas.	• Para comprender que muchos de los fenómenos naturales se explican a partir de leyes o teorías.
Habilidad	• A procesar e interpretar datos y formular explicaciones, apoyándose en conceptos teóricos del nivel.	• Para entender cómo la ciencia genera conocimiento.
Actitud	• A distinguir la importancia de las medidas de seguridad.	• Para promover el autocuidado.

ACTIVA tus aprendizajes previos

Antes de comenzar el desarrollo de la unidad explora, a través de las siguientes actividades, tus ideas respecto de las temáticas que abordaremos.

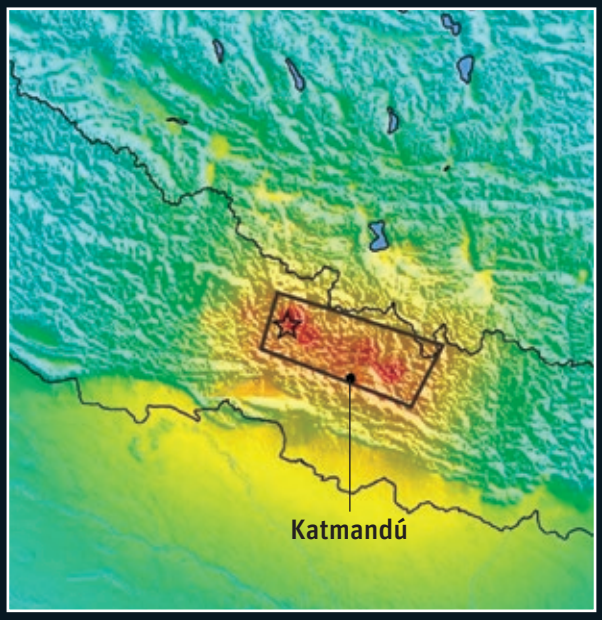
Terremoto en Nepal

El sábado 25 de abril de 2015, a las 11:57 (hora local), se produjo en Nepal un terremoto de 7,8 M_w (en la escala de magnitud de momento). El sismo tuvo su hipocentro a una profundidad de 15 km, y su epicentro se localizó 81 km al noreste de Katmandú (la capital nepalí).

La región de Asia, donde se encuentra Nepal, presenta una actividad sísmica frecuente, dado que allí se produce el encuentro de dos placas tectónicas, la placa Euroasiática (por el norte) y la placa Indoaustraliana (por el sur). La compresión entre ellas se genera de manera lenta, pero constante en el tiempo. Este proceso dio origen a la cordillera del Himalaya.

Cuando las placas se hunden y se comprimen, se produce la acumulación de una enorme cantidad de energía que, si es liberada de forma abrupta, originan los sismos como el ocurrido el 25 de abril de 2015. Producto del terremoto, varias ciudades de Nepal y de la India se desplazaron hacia el norte y el monte Everest aumentó su altura.

Fuente: Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS)



En la imagen, se muestra el mapa de la región donde ocurrió el terremoto. Las zonas en rojo representan los lugares donde la intensidad del sismo fue mayor.

- ¿Qué conceptos relacionados con los sismos reconoces en la noticia? Escríbelos.

- ¿Existe alguna similitud entre el proceso que ocurre con las placas situadas en la región de Nepal y lo que sucede en Chile? Explica.

- ¿Recuerdas algunas medidas de precaución que se deben adoptar al momento de producirse un sismo? Menciónalas.

Recurso digital complementario

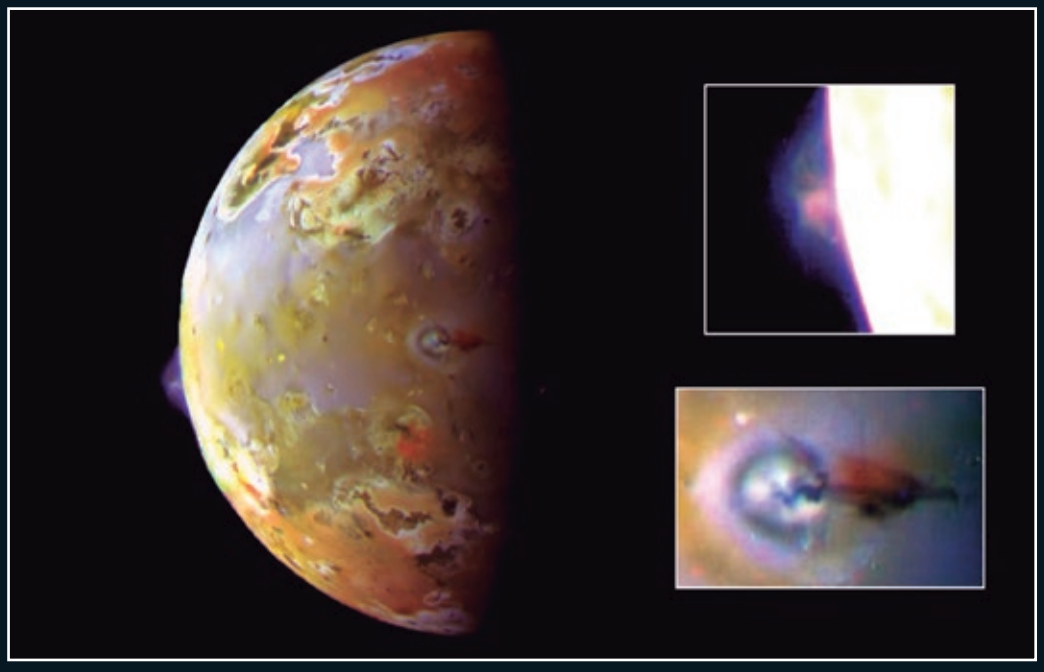
Actividad volcánica fuera de nuestro planeta

La sonda espacial Voyager I fue el instrumento que permitió observar, por primera vez, actividad volcánica fuera de nuestro planeta. Específicamente en Ío, un satélite de Júpiter. Pero ¿es similar al volcanismo de la Tierra? La respuesta es no, ya que la actividad volcánica que se observa en dicha luna se basa en las llamadas mareas gravitacionales. Esto se explica de la siguiente manera: debido a la gran masa del planeta Júpiter y a la excentricidad de la órbita del satélite, se producen grandes diferencias gravitacionales que afectan la parte fluida de Ío (bajo su corteza), de manera similar a como la Luna afecta a los océanos terrestres.

La fuerza de atracción gravitacional que ejerce Júpiter sobre Ío genera un efecto denominado calentamiento por marea. En su superficie se han observado distintas formas de actividad volcánica, como plumas de material sólido y gases, calderas abiertas, fosos y ríos de lava.

Es importante hacer notar que, a diferencia de la Luna (que geológicamente es un satélite inactivo), la superficie de Ío no tiene grandes cráteres, pues la continua expulsión de material desde su interior ha borrado las "cicatrices" producidas por los impactos de los meteoritos.

Fuente: http:www.nasa.gov

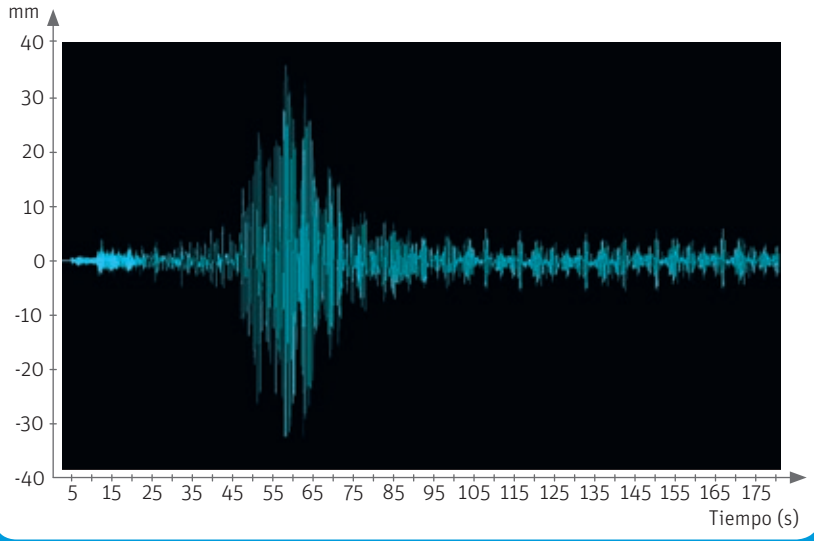


- En el texto anterior se señala que el volcanismo de Ío es diferente al de la Tierra. ¿Cómo es la actividad volcánica de nuestro planeta?, ¿a qué causas se debe? ¿Qué diferencias presenta el volcanismo terrestre con el observado en Ío?

Analizando un registro gráfico

Un sismograma es un registro temporal de un sismo en un lugar determinado. Este se obtiene mediante un sismógrafo, instrumento que permite estudiar las principales características de un sismo. La siguiente imagen muestra un sismograma registrado en el terremoto ocurrido en Chile, el 27 de febrero de 2010.

En relación con el sismograma, responde:



- ¿Qué variables se consignan en cada uno de los ejes del registro sísmico?

- ¿Cuánto tiempo duró el sismo? ¿Entre qué tiempos se habrá percibido con mayor intensidad el movimiento? Explica tus respuestas.

- Describe cómo crees que se desarrolló el sismo. Para ello, trata de imaginar de qué manera fue percibido a medida que transcurría el tiempo.

Antes de comenzar

Cada uno de nosotros tiene diferentes motivaciones, así como distintas formas de aprender. Para indagar acerca de las tuyas, responde las siguientes preguntas.

Descubre tus motivaciones

Considerando las nociones tratadas en estas páginas y tus ideas previas respecto de la dinámica de la corteza terrestre, ¿qué conceptos sientes que te motivan más y por qué?

Plantéale a una compañera o compañero una pregunta, que pueda responder a medida que se adentren en el estudio de la unidad. De igual manera, pídeles que te propongan una pregunta.

Planifica tu trabajo

¿Qué metas te gustaría alcanzar con el estudio de esta unidad? Registra al menos dos y, al finalizar la unidad, verifica si las pudiste cumplir.

Como esta es la última unidad del texto, selecciona todas aquellas estrategias de estudio que piensas que han resultado efectivas, y regístralas. Indaga acerca de otras estrategias con tus compañeras o compañeros.

El espacio disponible en los recuadros es solo referencial.
Si requieres más espacio, utiliza tu cuaderno.

LECCIÓN 5

LA DINÁMICA DE LA LITOSFERA

¿Por qué conocer acerca de la dinámica de nuestro planeta? Durante miles de años, el ser humano pensó que la corteza o superficie del planeta experimentaba cambios mínimos en el tiempo. Sin embargo, hoy en día sabemos que los continentes, las montañas, los valles y los ríos se transforman. Entender cómo va cambiando nuestro planeta es conocer y apreciar el lugar donde vivimos, la Tierra.

Objetivo
Activar y registrar conocimientos previos.

Habilidades
Explicar resultados.

Actitud
Valorar las habilidades y actitudes que permiten integrar nuevos aprendizajes.

Tiempo
20 minutos.

Imagen 1

Imagen 2

Me preparo para aprender

Es importante que reconozcas aquello que sabes o piensas en relación a las temáticas que se desarrollarán en esta lección, dado que tus concepciones previas son el cimiento sobre el que se construirán los nuevos aprendizajes.

Gustavo y Emilia, tratando de averiguar si la densidad influye en la manera en que se organiza la estructura de la Tierra, realizaron el siguiente procedimiento: consiguieron tres volúmenes similares de agua, de arena y de aceite, tal como se muestra en la imagen 1. Luego, vertieron las tres sustancias en un solo vaso y lo revolvieron durante un par de minutos (observa la imagen 2). Finalmente, dejaron reposar la mezcla durante una hora, y observaron que las sustancias se separaron según su densidad (desde el exterior al interior: aceite, agua y arena).

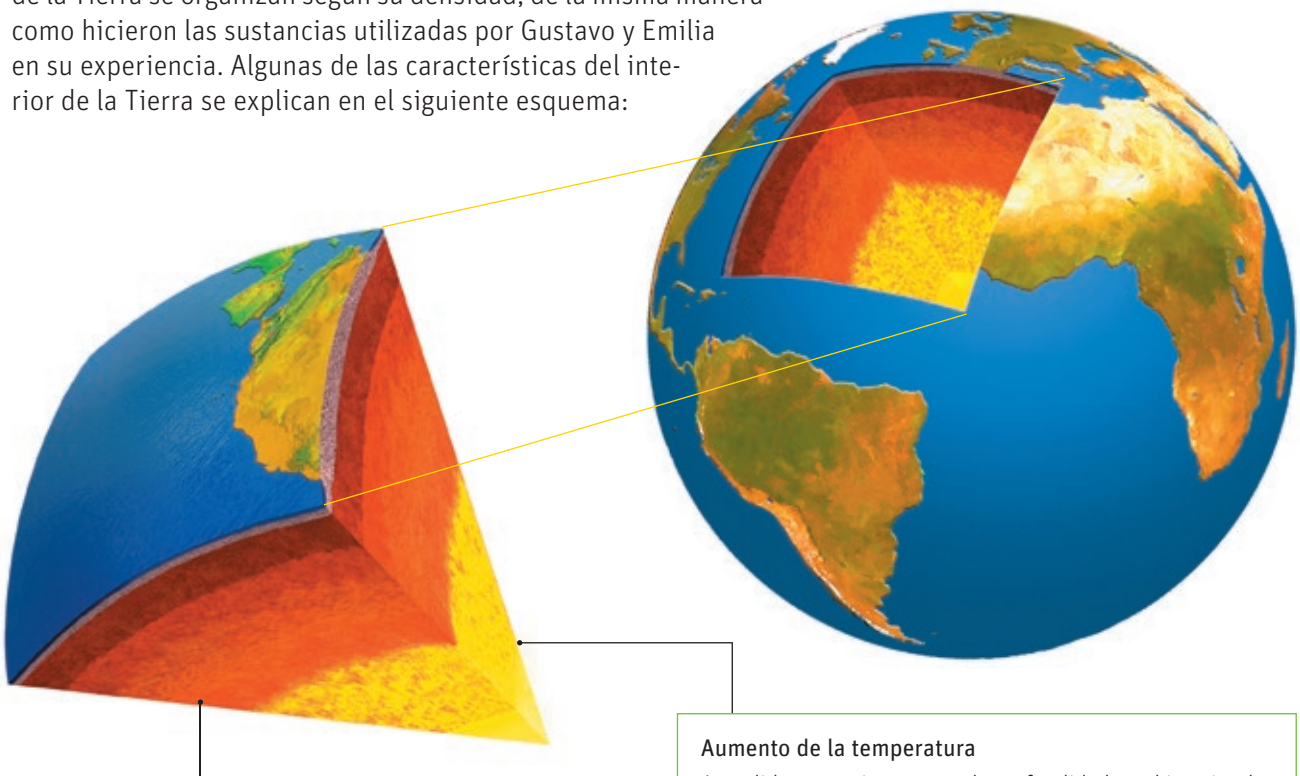
a. ¿Qué relación piensas que tiene el experimento realizado por Gustavo y Emilia con la manera en que se organiza la estructura interna de la Tierra? Explica.

b. ¿Qué capas de la Tierra conoces? Escríbelas.

c. ¿Qué actitudes, trabajadas en las unidades anteriores, te han permitido integrar nuevos conocimientos?

¿Cómo es el interior de la Tierra?

Al analizar la actividad anterior, posiblemente inferiste que las capas de la Tierra se organizan según su densidad, de la misma manera como hicieron las sustancias utilizadas por Gustavo y Emilia en su experiencia. Algunas de las características del interior de la Tierra se explican en el siguiente esquema:



Aumento de la temperatura

A medida que se incrementa la profundidad en el interior de la Tierra, aumenta también su temperatura. Se estima que la temperatura del núcleo terrestre puede superar los 6500 °C (mayor que la temperatura de la superficie del Sol).

Aumento de la densidad

A medida que aumenta la profundidad en el interior de la Tierra, aumenta la densidad de los materiales que constituyen las diferentes capas. Si bien la densidad media de la Tierra es de 5515 kg/m^3, se piensa que la densidad del núcleo alcanzaría los 11 000 kg/m^3.

¿Cómo se determinó que la Tierra estaba conformada por diferentes capas?

La principal fuente de información del interior de nuestro planeta ha sido el estudio de la propagación de las **ondas sísmicas** (ondas que estudiaremos en detalle en la siguiente lección). Las investigaciones han mostrado que la velocidad de dichas ondas varía a medida que se propagan por el interior de la Tierra, es decir, se **refractan**. Como estudiaste en las primeras unidades del texto, esto ocurre cuando una onda cambia de medio de propagación o viaja a través de un medio cuya densidad varía. Estas evidencias llevaron a los científicos a proponer dos modelos que dan cuenta de la estructura interna de la Tierra, el **modelo estático** y el **modelo dinámico**. Los analizaremos en la página que sigue.

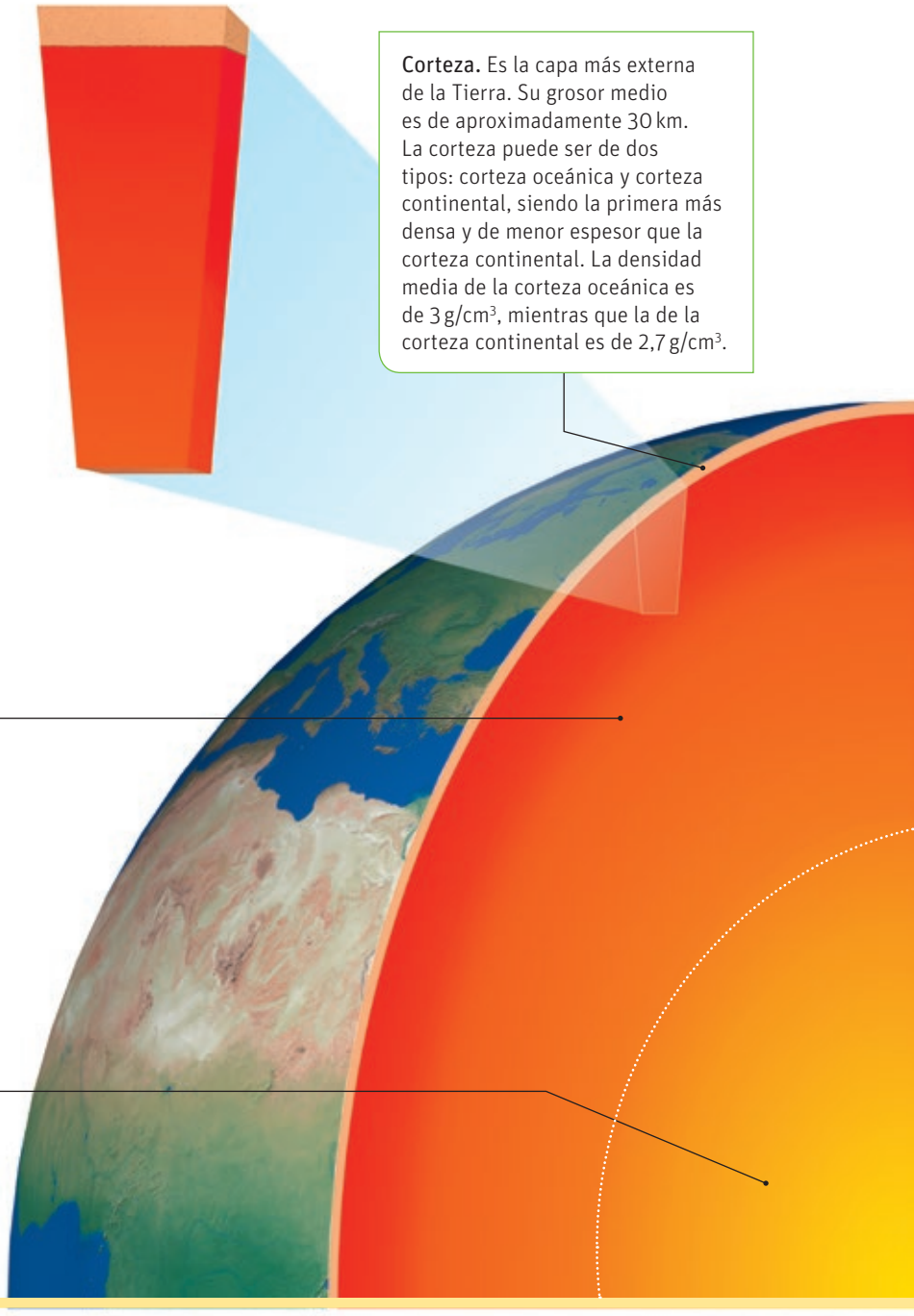
Científicas en la historia

Inge Lehmann (1888-1993) fue una destacada sismóloga danesa. A través de su estudio de las ondas sísmicas, determinó que el núcleo terrestre se encuentra dividido en dos regiones: un núcleo externo y otro interno. Al límite de separación entre ambos se le denomina discontinuidad de Lehmann en su honor.

Los modelos del interior de la Tierra

A partir de los estudios de las ondas sísmicas, se han desarrollado dos modelos del interior de la Tierra. El primero es el modelo estático, que se basa en la composición química del planeta. En este se establecen tres capas: la corteza, el manto y el núcleo. El otro modelo es el modelo dinámico, que considera el comportamiento mecánico del interior de la Tierra y cuyas capas son la litosfera, la astenosfera, la mesosfera, el núcleo externo y el núcleo interno. A continuación se explican en detalle estos dos modelos.

Modelo estático



Corteza. Es la capa más externa de la Tierra. Su grosor medio es de aproximadamente 30 km. La corteza puede ser de dos tipos: corteza oceánica y corteza continental, siendo la primera más densa y de menor espesor que la corteza continental. La densidad media de la corteza oceánica es de 3 g/cm^3, mientras que la de la corteza continental es de 2,7 g/cm^3.

Manto. Es la capa intermedia de la Tierra y corresponde al 82 % del volumen total del planeta. El manto está compuesto básicamente por minerales silicatados. Este se divide en el manto superior y el manto inferior. La densidad de esta capa oscila entre los 3,2 g/cm^3 (en la parte superior) y los 5 g/cm^3 (en las cercanías del núcleo).

Núcleo. Está formado principalmente de hierro y níquel, y tiene una densidad promedio de 11 g/cm^3. Se piensa que en el núcleo ocurre la desintegración radiactiva de ciertos elementos pesados, lo que sería una fuente de energía para el interior del planeta.

Es importante destacar que estas capas no son esferas perfectas pues, dependiendo de las transferencias de energía dentro del planeta, existen variaciones en sus grosores.

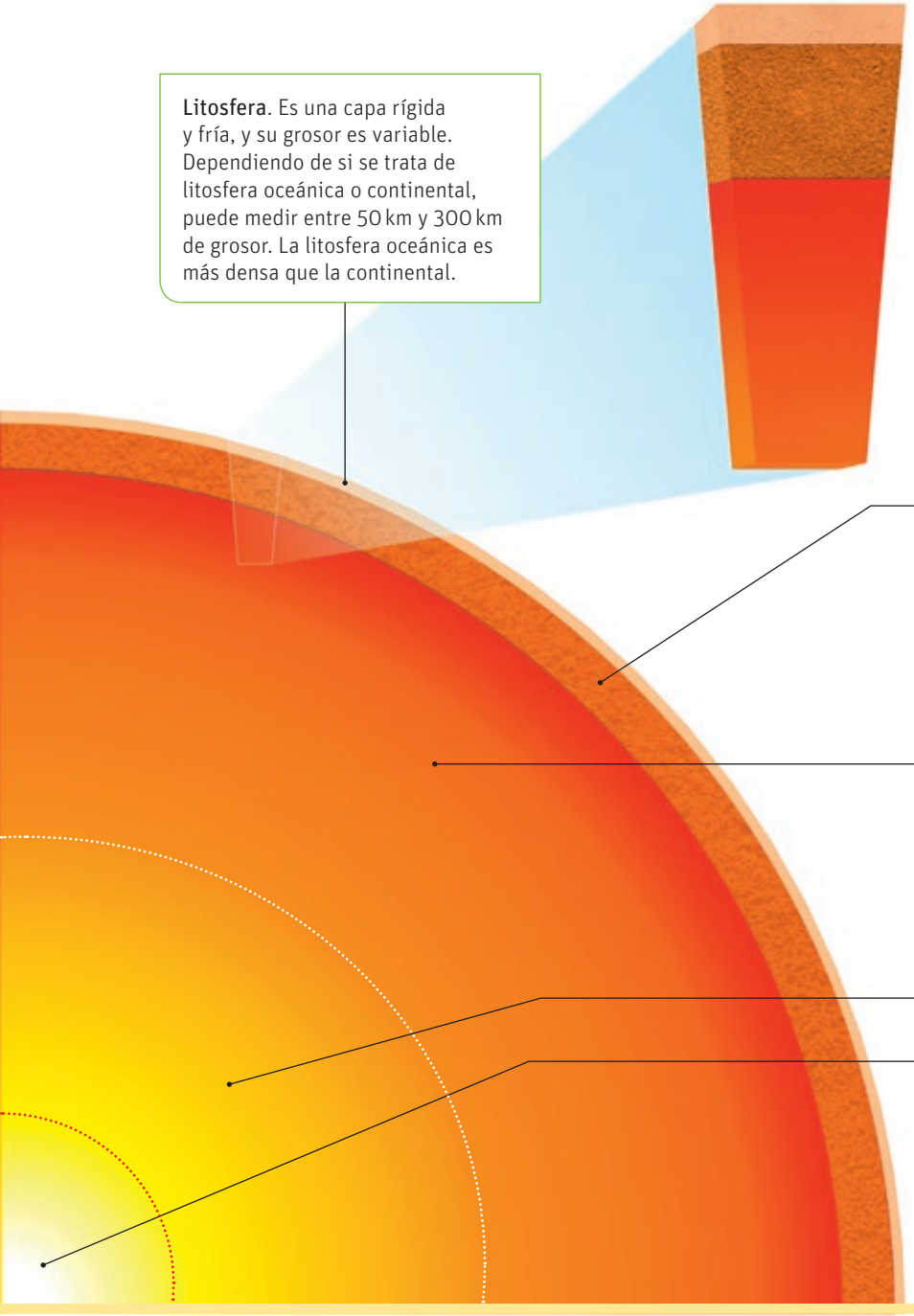
En la actualidad, ambos modelos son igualmente válidos, dado que se complementan y nos proveen información acerca del interior de la Tierra y de los procesos que allí ocurren. Es importante enfatizar que el estudio del comportamiento de las ondas sísmicas permitió conocer el interior de nuestro planeta y proponer, en definitiva, los modelos que dan cuenta de su estructura.

Conectando con...

Las TIC

Ingresa el código TF1P163 en la página web de tu texto. Ahí encontrarás una actividad que te permitirá poner a prueba tus conocimientos sobre la estructura interna de la Tierra, según los diferentes modelos que la describen.

Modelo dinámico



Litosfera. Es una capa rígida y fría, y su grosor es variable. Dependiendo de si se trata de litosfera oceánica o continental, puede medir entre 50 km y 300 km de grosor. La litosfera oceánica es más densa que la continental.

Astenosfera. Está compuesta de roca sólida, pero que presenta alta ductilidad debido a las elevadas temperaturas a las que se encuentra. Puede deformarse fácilmente y tiene la capacidad de fluir.

Mesosfera. Es una capa bastante más gruesa que las anteriores. Tal como la litosfera, se considera rígida, aunque estudios recientes le otorgan cierto grado de plasticidad.

Endosfera (núcleo). Se encuentra dividida en dos: el **núcleo externo** (en estado líquido) considerado, junto al movimiento de rotación terrestre, responsable del campo magnético de nuestro planeta; y el **núcleo interno** que, debido a la gran presión, se encuentra en estado sólido.

El movimiento de los continentes

¿Has notado que los bordes de Sudamérica y África parecen coincidir, como si fueran piezas de un rompecabezas? Esta observación llevó a muchos estudiosos a pensar que los continentes estuvieron alguna vez unidos. Para entender cómo ciertas evidencias pueden hacernos pensar que los continentes se mueven, realiza la siguiente actividad simulada:

Actividad

Objetivo
Analizar evidencias respecto de una situación simulada.

¿Qué necesito saber para realizar la actividad?

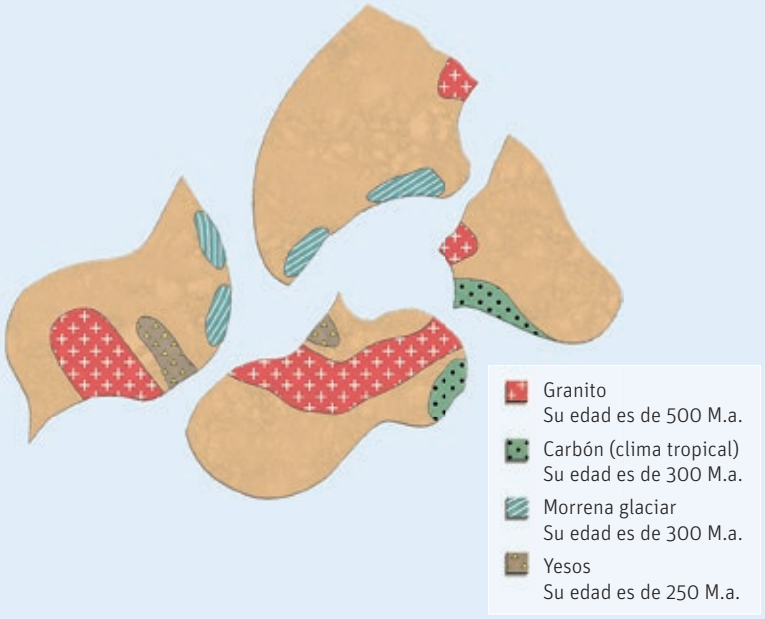
Habilidades
Evaluar la validez y confiabilidad de resultados.

Actitud
Valorar el papel que desempeñan las evidencias en las ciencias.

Tiempo
20 minutos.

Reconstruyendo un supercontinente

La siguiente imagen representa cuatro continentes de un planeta imaginario y que se piensa que alguna vez estuvieron unidos en un solo supercontinente. En cada uno de los continentes se pueden distinguir algunas formaciones minerales, cuya naturaleza y edad se señala al costado de la imagen.



Formen parejas y, a partir de la imagen, desarrollen los siguientes pasos:

1. Fotocopien o dibujen los continentes que se muestran en la imagen. Luego, recórtenlos.
2. Hagan calzar los continentes, como si se tratara de un rompecabezas.

En relación con el procedimiento realizado, respondan:

a. ¿Qué información les permitió reconstruir el supercontinente? Expliquen.
b. ¿Es posible que algunos fragmentos del supercontinente se hubiesen separado antes? Expliquen.
c. ¿Qué información permitiría conocer parte del clima del antiguo supercontinente?
d. ¿Qué evidencias creen que se requiere para afirmar que los continentes de la Tierra estuvieron alguna vez unidos?
e. ¿Qué importancia le asignan a las evidencias en las ciencias? Fundamenten su respuesta.

La teoría de la deriva continental

Existen registros de que ya en el siglo XVI se vislumbraba que los continentes estuvieron alguna vez unidos en una sola gran masa de tierra. A este antiguo supercontinente se le denominó **Pangea**, que significa "toda la tierra". Pero suponer que los continentes estuvieron alguna vez unidos implicaba asumir que estos se movían, hecho que se contraponía a la idea predominante de la época, que planteaba que la superficie de la Tierra se mantenía estática.

En 1912, el meteorólogo y astrónomo alemán Alfred Wegener (1880-1930) propuso la teoría de la **deriva continental**. En ella se rescata la idea del supercontinente (Pangea), el que se habría fracturado y desplazado sobre el lecho marino, hasta formar los continentes que conocemos hoy. A diferencia de las ideas previas a la teoría de Wegener, esta se sustentaba en evidencias científicas.

Los dibujos fueron realizados en 1858 por el geógrafo Antonio Snider-Pellegrini; estos muestran que la creencia de que los continentes estuvieron alguna vez unidos no es nueva.

Las evidencias hacen suponer que, hace casi 300 millones de años, los continentes habrían formado una única extensión de tierra.

Hace cerca de 15 millones de años, los continentes habrían alcanzado una forma y distribución muy similar a la que presentan en la actualidad.

Analiza y predice

La imagen de la derecha muestra cómo habría evolucionado la configuración de los continentes desde el período pérmico (unos 300 millones de años antes del presente) hasta nuestros días. Considerando el sentido y dirección en el que se mueven los continentes, responde:

a. ¿Qué ocurrirá con los continentes a medida que transcurra el tiempo (millones de años en el futuro)?

b. ¿Piensas que se volverán a reunir en una sola masa de tierra? Justifica tu respuesta.

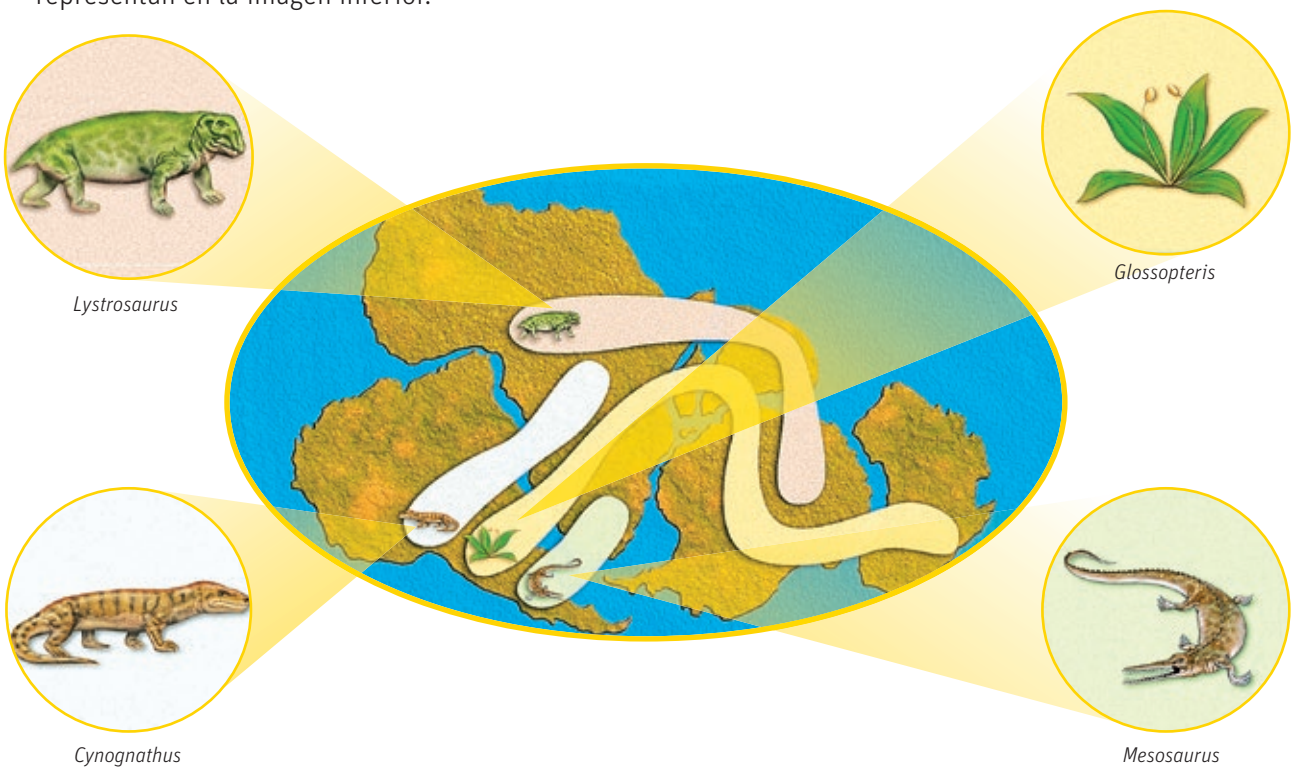
Evidencias de la teoría de la deriva continental

Entre las evidencias entregadas por Alfred Wegener destacan las siguientes:

- **Evidencias geográficas**. Uno de los hechos que llamó la atención de Wegener fue la forma de los continentes. Estos parecían encajar como piezas de un enorme rompecabezas. Sin embargo, se le objetó que los calces entre los continentes no eran perfectos. Wegener argumentó que los continuos cambios del nivel del mar y los procesos de erosión litoral explicarían las diferencias en los bordes continentales.
- **Evidencias geológicas**. Wegener encontró que algunas formaciones geológicas (yacimientos de ciertos tipos de rocas, principalmente) tenían continuidad a uno y otro lado del Atlántico.
- **Evidencias paleoclimáticas** (de *paleo*, antiguo). Alfred Wegener utilizó ciertas rocas sedimentarias como indicadores de los climas en los que se originan: tillitas (clima glacial), yeso y halita (clima árido), carbones (clima tropical húmedo). A partir de esto concluyó que la distribución de dichas rocas resultaría inexplicable, si los continentes no hubiesen estado unidos.
- **Evidencias paleontológicas**. Analizó la distribución de una gran cantidad de fósiles y comprobó que, en la actualidad, organismos extintos de la misma especie se encuentran en lugares muy distantes. Su explicación a este hecho fue que en la época en la que vivieron, estas regiones estaban muy próximas. Esto ocurre con el *Mesosaurus*, reptil que habitó la Tierra hace 270 millones de años en Sudáfrica y Sudamérica. Otro animal cuyos registros fósiles se encuentran repartidos en varios continentes es el *Lystrosaurus*, reptil mamiferoide que habitó África, India y Australia. Algunas de las evidencias paleontológicas se representan en la imagen inferior.

AYUDA

¿Te has preguntado qué es una teoría? En ciencias, una teoría corresponde a una construcción explicativa que relaciona varias leyes y principios. Si bien una teoría puede haber sido aceptada, esta nunca debe ser considerada como una verdad. Cuando respecto de una teoría surgen evidencias y datos que la refutan, esta debe ser modificada o sustituida.



Pese a las evidencias presentadas por Wegener, nunca pudo determinar por qué se movían los continentes. No obstante, surgieron algunas posibles explicaciones a dicho movimiento. Por ejemplo, que las fuerzas originadas debido a la rotación terrestre, desplazaría los continentes hacia el ecuador.

En 1928, el geólogo Arthur Holmes (1890-1965) propuso el primer mecanismo impulsor de los continentes a través del lecho marino, las corrientes de convección generadas en el manto. Sin embargo, al no poder probar la existencia de tales corrientes, su idea no fue lo suficientemente sólida para validar la teoría de Wegener, quien murió sin que fuera aceptada.

Actividad

Objetivo
Analizar y contrastar dos hipótesis alternativas a la deriva continental.

¿Qué debo saber para realizar la actividad?

Habilidades
Evaluar explicaciones.

Actitud
Manifestar interés por el conocimiento.

Tiempo
20 minutos.

Analizando hipótesis alternativas

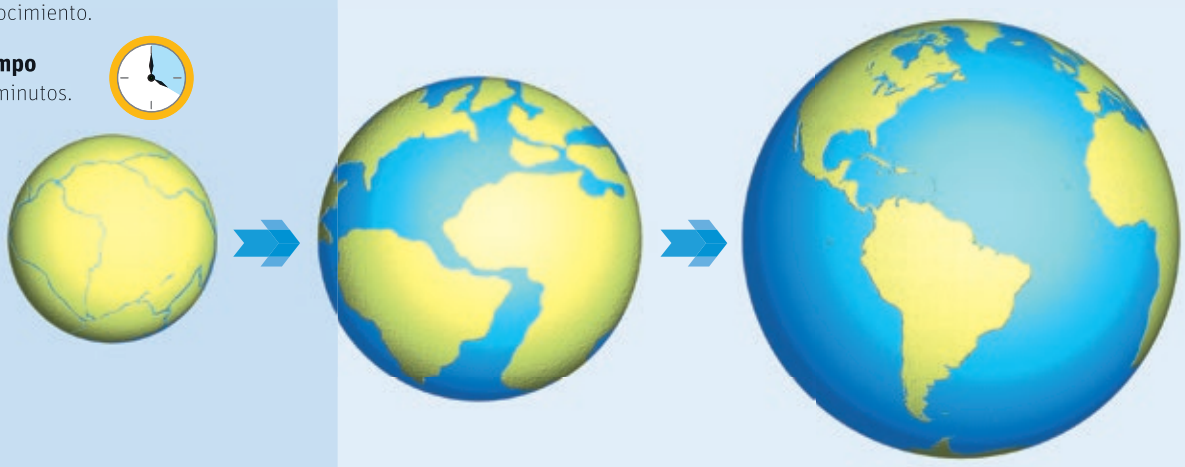
Pese al rechazo a la teoría de la deriva continental por parte de la comunidad científica de comienzos del siglo XX, las evidencias presentadas por Wegener no pudieron despreciarse. Surgieron, entonces, dos hipótesis que trataron de explicarla de manera independiente, estas son:

Los puentes transoceánicos

Esta planteaba que habrían existido puentes de tierra que conectaban los continentes actuales y que habrían permitido que algunas especies (extintas hoy en día) se distribuyeran en diferentes regiones de la Tierra. Debido al aumento del nivel de los océanos, los puentes habrían quedado sumergidos.

La Tierra en expansión

Esta postulaba que la Tierra habría tenido inicialmente 1/8 de su tamaño actual y habría estado cubierta únicamente por continentes. Cuando la Tierra comenzó a aumentar gradualmente de tamaño, el terreno descubierto se convirtió en el actual fondo oceánico, tal como se representa en la siguiente secuencia:



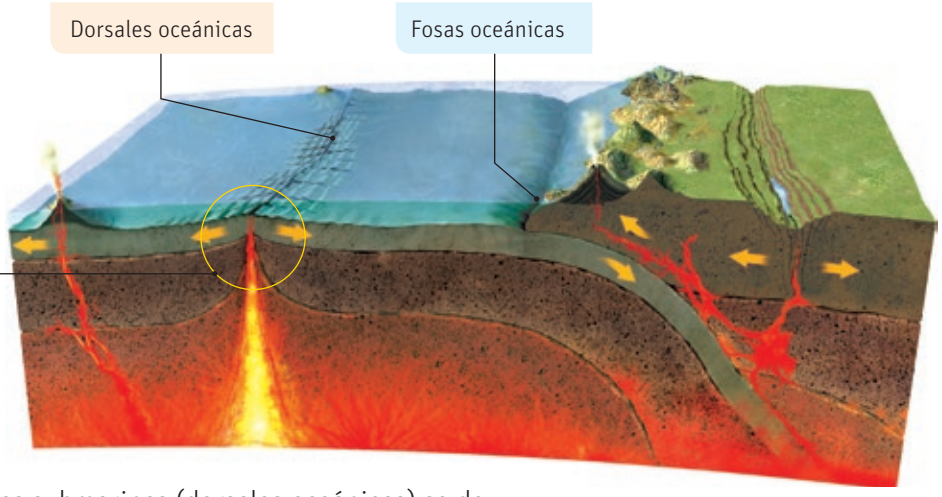
Formen parejas y analicen las hipótesis anteriores. Luego, respondan:

a. ¿Creen que estas hipótesis podían explicar las evidencias presentadas por Wegener? Justifiquen.
b. ¿Qué hecho(s) creen que podría(n) apoyar alguna de estas hipótesis?
c. ¿Qué fortalezas y qué debilidades piensan que presenta cada una de estas hipótesis, respecto de la teoría de la deriva continental?
d. ¿Qué importancia piensan que tiene en la ciencia el surgimiento de hipótesis alternativas? Expliquen.

La expansión del fondo oceánico

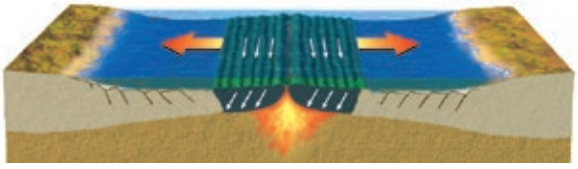
A partir de la década de 1940, se determinó la existencia de un tipo de falla geológica que se caracterizaba por el hundimiento de la corteza oceánica bajo algunos continentes, proceso que se denominó **subducción**. Debido a este tipo de fallas, también se producía el hundimiento del fondo marino y, con ello, se creaban las llamadas **fosas oceánicas**. En otras regiones del océano se descubrieron cordilleras submarinas de miles de kilómetros de largo y varios cientos de kilómetros de ancho, a las que se les llamó **dorsales oceánicas**.

En 1962, el geólogo Harry Hess (1906-1969) postuló que una nueva litosfera oceánica se estaba creando en las dorsales mediante el afloramiento del magma desde el interior de la Tierra.

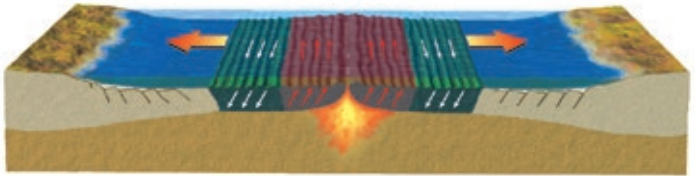


Hess propuso que las montañas submarinas (dorsales oceánicas) se debían a la creación y acumulación de nueva litosfera, y que en las fosas oceánicas la corteza submarina desaparecía bajo el manto. Debido a aquello, ambas estructuras (dorsales y fosas) funcionaban como los extremos de una cinta transportadora. El proceso de expansión del fondo oceánico se explica en detalle en la siguiente secuencia:

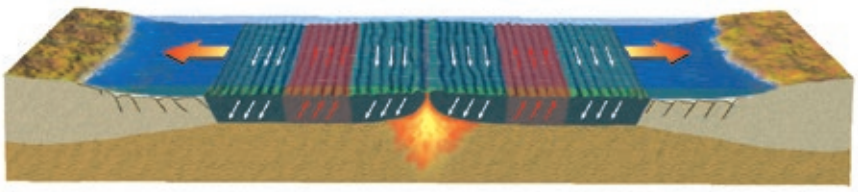
En una dorsal oceánica se produce el afloramiento del magma desde el interior de la Tierra.



A medida que el magma se enfría, comienza a crearse una serie de pliegues montañosos.

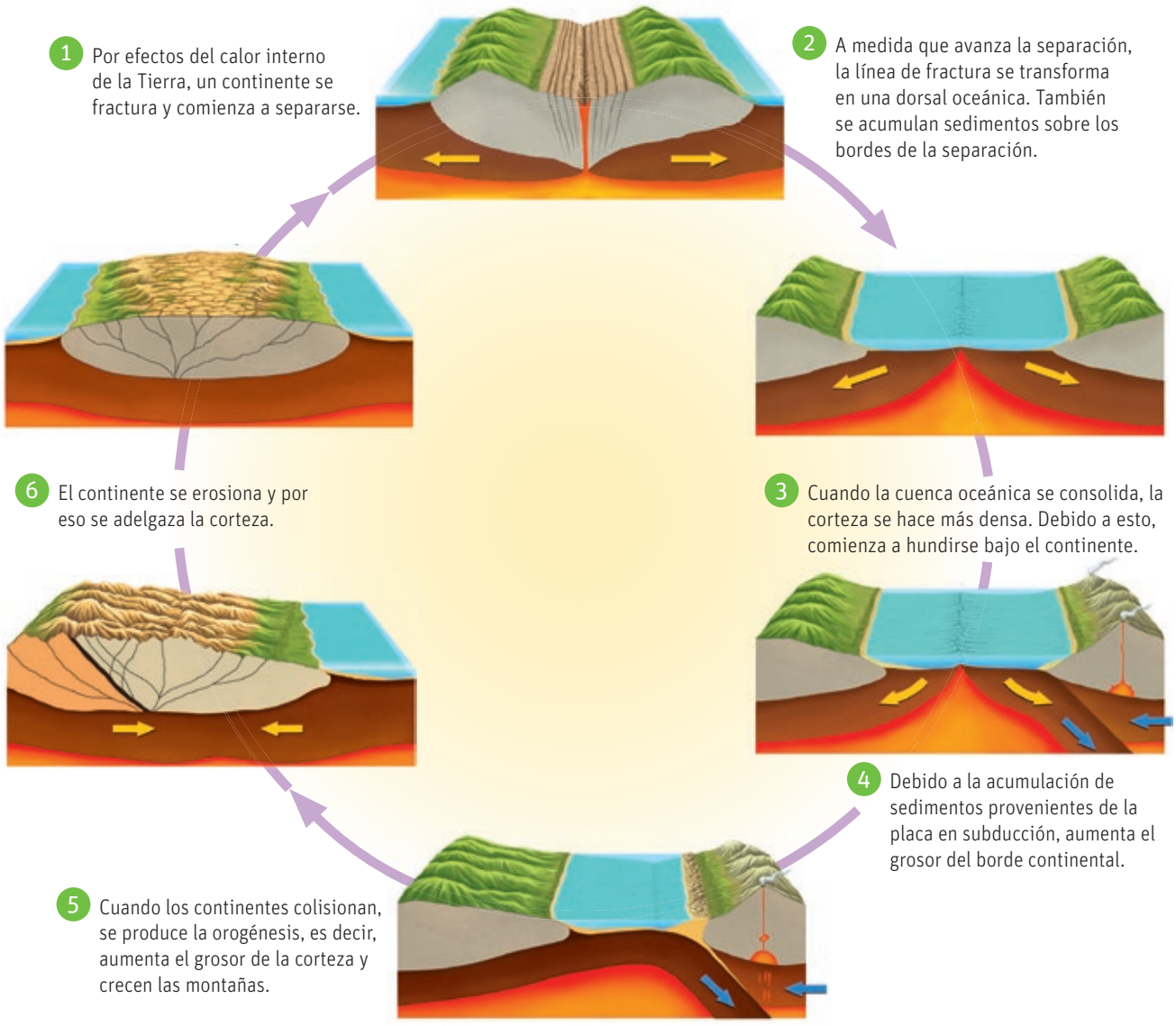


Con el transcurso de millones de años, este proceso permite la expansión del fondo oceánico y, con ello, estructuras como los continentes pueden separarse.



El ciclo de Wilson

Muchas evidencias y estudios apoyaron la teoría de la expansión del fondo oceánico, y ello permitió afirmar con certeza que los continentes están en movimiento. Sin embargo, no solo ellos se mueven, sino que también toda la litosfera, la que es impulsada, entre otros factores, por el calor interno de la Tierra. John Tuzo Wilson (1908-1993), geólogo canadiense, postuló en 1965 que la litosfera estaba dividida en secciones, a las que denominó **placas tectónicas**, y propuso un ciclo que explica la apertura y cierre de los océanos, el que es conocido como **ciclo de los supercontinentes** o **ciclo de Wilson**. Aquí, se explican sus etapas:



Es importante mencionar que los períodos de tiempo en los que ocurren los procesos geológicos son muy extensos. Por ejemplo, desde que se abre un océano hasta que la placa oceánica ha envejecido lo suficiente como para empezar a subducir (desde la etapa 2 a la etapa 3 del ciclo), transcurren alrededor de 150 millones de años.

Aprendiendo a modelar fenómenos

Modelando algunos efectos en el relieve terrestre

Objetivo
Construir un modelo que permita evidenciar algunas características y consecuencias del movimiento de las placas.

¿Qué debo saber para desarrollar el siguiente taller?

Habilidades
Procesar y analizar evidencias.

Actitud
Valorar la perseverancia y el rigor al desarrollar las actividades de la unidad.

Tiempo
60 minutos.

Precaución

Nunca deben correr o jugar con el cuchillo cartonero. Utilícenlo solo bajo la supervisión de su profesor o profesora.

Como ya vimos, Wilson planteó que la litosfera está conformada por diferentes placas tectónicas, las que experimentan una serie de movimientos relativos entre ellas. A partir de esto último, cabe preguntarse lo siguiente: ¿existirán evidencias en la superficie de la Tierra que den cuenta del movimiento de las placas? Para intentar responder a esta interrogante, reúnanse en grupos de cuatro o cinco integrantes y desarrollen la siguiente actividad:

Paso 1 Procedimiento

Reúnan los siguientes materiales: dos trozos rectangulares de madera de aproximadamente 20 cm de largo, 10 cm de ancho y 2 cm de espesor; un trozo de cartón corrugado de 60 cm x 40 cm; papel absorbente, un trozo de cartulina de 50 cm x 20 cm, un cuchillo cartonero y cinta adhesiva.

Corten en uno de los extremos del trozo de cartón una ranura rectangular, tal como se muestra en la imagen.

Adhieran uno de los extremos de la cartulina a una de las caras del trozo de madera. Luego, hagan pasar el otro extremo de la cartulina por la ranura. Finalmente, con el resto de los materiales construyan un montaje similar al que se muestra en la imagen.

Paso 2

Aplicación y práctica

En el montaje, es importante que la tira de papel absorbente quede adherida a los dos trozos de madera. Empujen lentamente uno de los trozos de madera y observen qué ocurre con el papel absorbente y con la cartulina.

En relación con la experiencia realizada, y haciendo una analogía con el movimiento de las placas tectónicas, respondan:

a. ¿Qué representan la cartulina y la tira de papel absorbente, respectivamente?
b. ¿A qué piensan corresponden los dos trozos de madera? Expliquen.
c. ¿Con qué relacionarían el efecto que se produce en el papel absorbente?
d. ¿Siguieron de manera adecuada los pasos involucrados en el desarrollo de la actividad? De no ser así, ¿creen que es necesario introducir algunas mejoras al procedimiento? Justifiquen su respuesta.

Desafío

Crea

Reúnanse en grupos de cuatro integrantes y diseñen un modelo que represente todas las etapas del ciclo de Wilson. Si así lo determinan, pueden emplear como base el modelo realizado en este taller. Para desarrollar su proyecto consideren las siguientes etapas:

- Planificación. Analicen el ciclo de Wilson y comenten entre ustedes la mejor manera de representarlo a través de un modelo. Luego, realicen una lista con los materiales necesarios para el proyecto y distribúyanse las distintas tareas entre los integrantes del grupo.
- Ejecución. Una vez que hayan reunido los materiales necesarios, deben ejecutar su proyecto. Es importante tener en cuenta que durante su ejecución pueden surgir diferentes problemas. Por ello, tienen que estar dispuestos a introducir modificaciones en la planificación inicial.

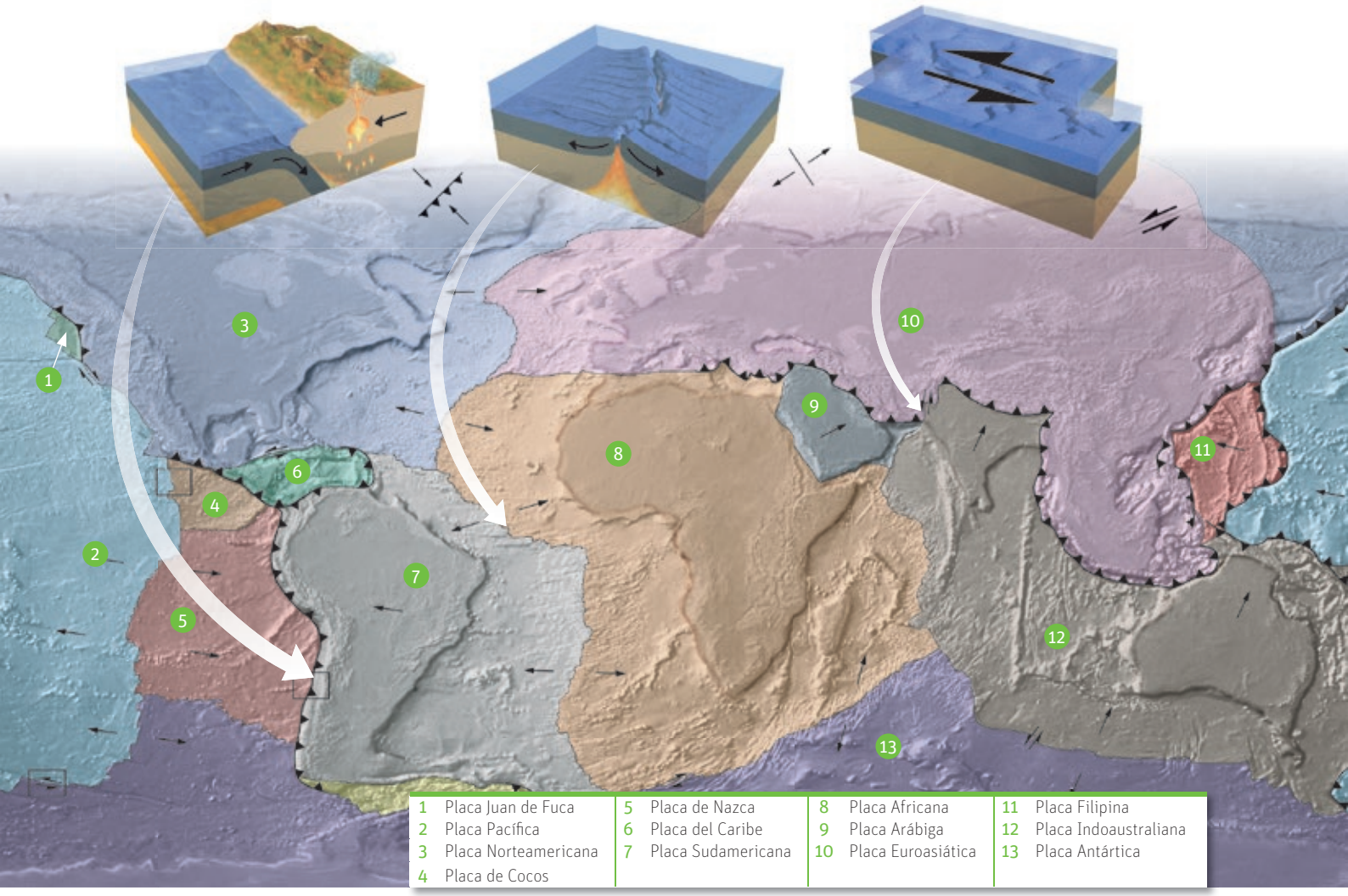
La teoría tectónica de placas

El modelo de la **tectónica de placas**, aceptado actualmente, postula que la capa exterior de la Tierra no es homogénea, como la cáscara de una naranja, sino que está fragmentada en secciones conocidas como placas tectónicas, las que se mueven unas respecto de otras impulsadas por la dinámica interna del planeta. Las principales placas tectónicas son la Pacífica, la Sudamericana, la Norteamericana, la Africana, la Euroasiática, la Antártica y la Indoaustraliana. También hay placas de menor tamaño e incluso, microplacas, las que pueden llegar a ser miles de veces más pequeñas que las placas principales. Dependiendo de la dirección del movimiento de las placas, los bordes o límites entre ellas pueden ser de tres tipos: **límites divergentes**, **límites convergentes** y **límites transformantes**. A continuación, se explica cada uno de ellos:

En un límite convergente, las placas "chocan". En esta zona, la corteza experimenta un proceso destructivo. Generalmente, una placa se introduce por debajo de otra.

En un límite divergente, las placas se separan. Generalmente se hallan en el fondo de los océanos, donde se genera nueva corteza.

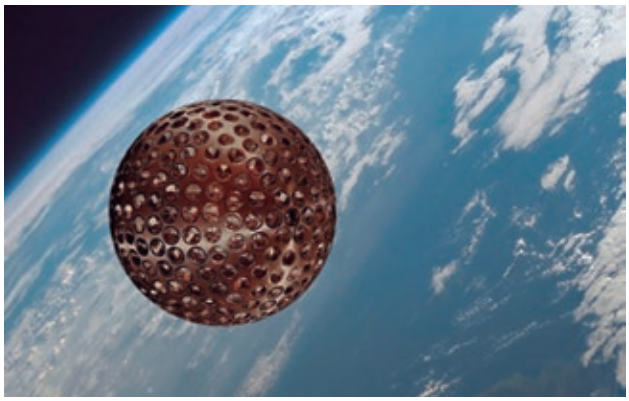
En un límite transformante, dos placas se desplazan en direcciones paralelas, pero generalmente en sentido opuesto.



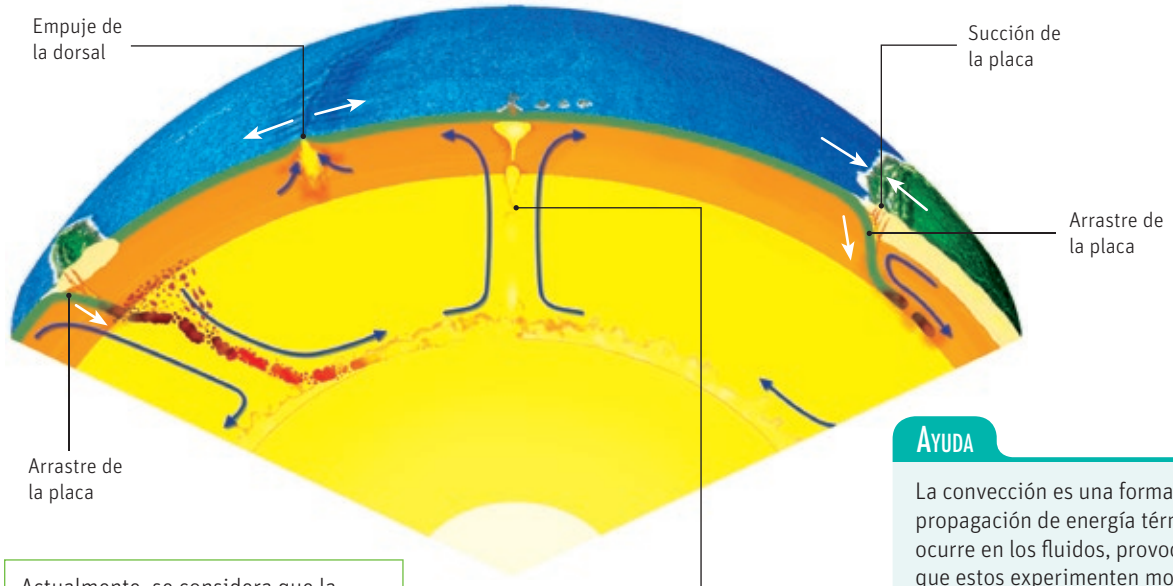
1	Placa Juan de Fuca	5	Placa de Nazca	8	Placa Africana	11	Placa Filipina
2	Placa Pacífica	6	Placa del Caribe	9	Placa Arábiga	12	Placa Indoaustraliana
3	Placa Norteamericana	7	Placa Sudamericana	10	Placa Euroasiática	13	Placa Antártica
4	Placa de Cocos						

¿Qué mecanismo mantiene las placas en movimiento?

La convección del manto es considerado el factor inicial que puso en movimiento las placas tectónicas. Sin embargo, la evidencia indica que el proceso impulsor de las placas es más complejo. El modelo actualmente aceptado propone que el movimiento de subducción tira de la placa, transmitiéndose esta fuerza a los puntos más alejados de esta, lo que produciría, además, que los extremos opuestos se separen. Existe, entonces, una fuerza de arrastre y una de succión de la placa, además de una fuerza de empuje de la dorsal; esto último relacionado con la acumulación de material en ella. Por efecto de la fuerza de gravedad, el material de la placa tiende a distribuirse en todas direcciones.



Hoy en día, existen múltiples evidencias de la tectónica de placas. Por ejemplo, mediciones realizadas con rayo láser y observaciones satelitales han permitido determinar que las islas de Hawai y Japón se mueven una respecto a la otra con una rapidez de 8,3 cm/año. En la imagen, se muestra un satélite empleado para medir variaciones en la litosfera terrestre.



Actualmente, se considera que la convección del manto solo es uno de los muchos factores que explican el movimiento de las placas.

Identifica y analiza

En relación con la imagen que muestra las diferentes placas que conforman la litosfera, expuesta en la página anterior, responde:

a. ¿En qué placas tectónicas se encuentra Chile?
b. ¿Qué tipo de límite entre placas está cerca de nuestro país? ¿Se crea o se destruye litosfera en dicha zona?
c. ¿Qué otras placas presentan un límite convergente? Menciona al menos dos.
d. ¿Qué placas presentan límites divergentes?, ¿dónde están ubicadas?
e. ¿Sobre qué placa tectónica se encuentra la India?

Ayuda

La convección es una forma de propagación de energía térmica que ocurre en los fluidos, provocando que estos experimenten movimientos o corrientes internas. Por ejemplo, en el caso del agua, cuando esta es calentada disminuye su densidad y asciende. A medida que esto sucede, pierde energía y se enfría, descendiendo. Por ende, el movimiento interno del fluido es circular.

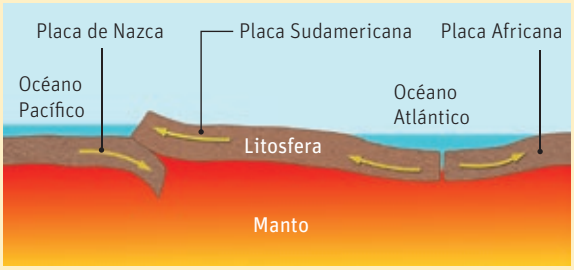
INTEGRA tus nuevos aprendizajes

Para que sepas cómo va tu proceso de aprendizaje, te invitamos a realizar las siguientes actividades.

Aprendiendo a responder

Analiza la siguiente pregunta modelada.

María José y Sebastián observan la siguiente imagen que muestra un corte de los límites entre las placas de Nazca, Sudamericana y Africana.



A partir de la información contenida en la imagen, ellos se preguntan: ¿qué ocurre entre las placas que allí se representan?

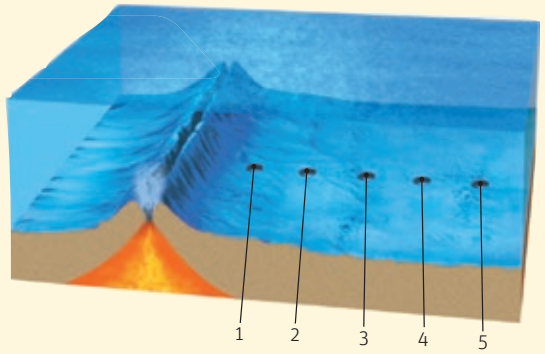
Al analizar la imagen, es posible inferir que entre la placa de Nazca y la Sudamericana existe un límite convergente y, además, se genera un proceso de subducción, dado que se representa a la placa de Nazca internándose por debajo de la Sudamericana.

El sentido de movimiento representado por las flechas presentes en la imagen señala que entre las placas Sudamericana y Africana existe un límite divergente. Por lo tanto, en dicha región se crea nueva corteza.

Ahora tú

Evalúa

1. Juan Carlos le explica a su hermana que en los límites divergentes se crea nueva litosfera. Para ello, utiliza la siguiente imagen:



Él señala que en el punto 1 se encuentra la litosfera de mayor edad y en el punto 5 la litosfera más joven. ¿Es correcta esta afirmación? De no ser así, conviértela en correcta.

Explica

2. ¿Cuál fue la principal debilidad de la teoría de la deriva continental propuesta por Wegener?

Relaciona

3. Verónica completa una tabla con ejemplos de algunas evidencias de la teoría de la deriva continental. Sin embargo, no recuerda evidencias geológicas ni paleontológicas.

Tipo de evidencia	Ejemplo
Geográfica	El borde oriental de Sudamérica coincide con el borde occidental de África.
Geológica	
Paleontológica	

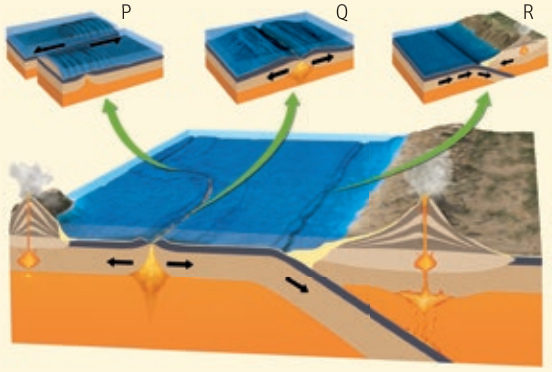
¿Qué evidencias piensas que podrían completar la tabla?

Explica

4. ¿Cómo le explicarías a un amigo o amiga cuáles son los factores que permiten entender el movimiento de las placas tectónicas?

Identifica

5. En la siguiente imagen se representan los diferentes límites o bordes que se pueden originar entre las placas tectónicas.



¿Qué tipo de límite son P, Q y R, respectivamente?

Explica

6. Si un estudiante de otro curso te pregunta acerca de la diferencia entre el modelo estático y dinámico del interior de la Tierra, ¿qué le dirías?

Analiza

7. Loreto averigua que, debido al proceso de subducción, la placa de Nazca se acerca a la Sudamericana a una razón de 7 cm por año. Considerando esta información, se pregunta lo siguiente:

a. Si el archipiélago de Juan Fernández se encuentra situado a 670 km de Valparaíso, entonces ¿en cuánto tiempo se anexará al continente?

b. ¿Cuánto tiempo tardará la Isla de Pascua en anexarse al continente americano si está situada a 3600 km de Caldera?

Identifica

8. Menciona las principales placas tectónicas en las que está dividida la litosfera, e indica cuáles afectan a Chile y cómo son los movimientos en sus bordes.

¿Cómo vas?

Revisa tus respuestas en el solucionario y según los resultados que hayas obtenido, marca con ✓ el nivel de desempeño correspondiente. Pídele ayuda a tu profesor o profesora.

Indicador	Ítems	Habilidades	Nivel de desempeño
Reconocí y mencioné algunas evidencias de la teoría de la deriva continental y argumenté acerca de sus limitaciones.	2 y 3	Explicar y relacionar.	**L**: dos ítems correctos. ☐ **ML**: un ítem correcto. ☐ **PL**: ningún ítem correcto. ☐
Analicé e identifiqué algunos aspectos relacionados con la teoría tectónica de placas y las diferentes capas que conforman la geosfera.	1, 4, 5, 6, 7 y 8	Evaluar, explicar, identificar y analizar.	**L:** seis o cinco ítems correctos. ☐ **ML:** cuatro o tres ítems correctos. ☐ **PL:** menos de tres ítems correctos. ☐
L = Logrado; **ML** = Medianamente logrado; **PL** = Por lograr			

- ¿Piensas que los conceptos estudiados en esta lección te ayudan a entender el mundo que te rodea?, ¿por qué?
- ¿En qué conceptos te gustaría profundizar?
- Intercambien sus evaluaciones para que la revisen de forma cruzada.
- Considerando los resultados que obtuviste en esta evaluación, ¿qué conceptos y habilidades sientes que debes reforzar?
- ¿Crees que necesitas mejorar algunas de las actitudes trabajadas en las diferentes actividades de la lección? Explica.

LECCIÓN 6

EL MOVIMIENTO DE LAS PLACAS Y SUS CONSECUENCIAS

Chile se sitúa en una región de la litosfera donde se encuentran dos importantes placas tectónicas, la placa de Nazca y la placa Sudamericana. Esto tiene una directa relación con la gran actividad geológica que presenta nuestro país. Por ello, es muy importante que sepas cómo se originan los sismos y los volcanes y cuáles son sus principales características.

Objetivo
Registrar aprendizajes previos y relacionar los límites entre las placas tectónicas con la prevalencia de la actividad geológica.

Habilidades
Explicar resultados.

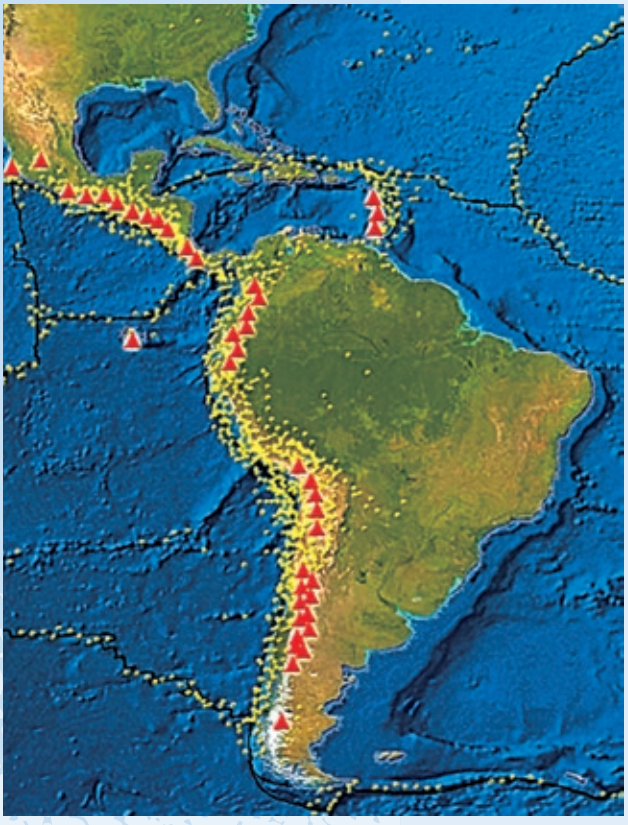
Actitud
Presentar disposición a integrar nuevos aprendizajes.

Tiempo
20 minutos.

Me preparo para aprender

Es importante que reconozcas aquello que sabes o piensas en relación a las temáticas que se desarrollarán en esta lección, dado que tus concepciones previas son el cimiento sobre el que se construirán los nuevos aprendizajes.

Andrea y Miguel, tratando de descubrir una relación entre la actividad geológica que se produce en Chile y su proximidad a la zona de encuentro entre dos placas, analizaron la siguiente imagen. En ella se muestra la prevalencia de la actividad sísmica (puntos amarillos) y de la actividad volcánica (triángulos rojos). De esta manera, observaron que la mayor cantidad de sismos y la presencia de volcanes se sitúan exactamente en la línea de encuentro de las placas tectónicas.



a. ¿Qué características de un sismo recuerdas? Escríbelas.

b. ¿Qué podrías concluir del análisis realizado por Andrea y Miguel? ¿Por qué en la zona donde se encuentra Brasil prácticamente no hay actividad sísmica?

c. Menciona dos actitudes que pienses que son fundamentales para incorporar nuevos conceptos y habilidades.

¿Qué son y cómo se originan los sismos?

Quizás, en más de alguna ocasión hayas sentido cómo el suelo se remece bajo tus pies. Este fenómeno es conocido como sismo y corresponde a la vibración de la corteza terrestre. Todos los días se registran varios miles de ellos; sin embargo, en su mayoría no alcanzan a ser percibidos por nosotros. En la actividad anterior, al analizar el caso de Sudamérica, seguramente te percataste de que existen países de gran sismicidad, como es el caso de Chile y de Perú. Sin embargo, también hay regiones en las que prácticamente no ocurren sismos, como Uruguay y la mayor parte de Brasil. Es interesante notar que la distribución geográfica de los sismos pareciera seguir un patrón determinado. Este tipo de evidencias es lo que permite suponer que la recurrencia de la actividad sísmica de cierta región se debe a la presencia de una falla geológica. Una falla corresponde a una fractura de la litosfera, donde existe movimiento relativo entre las partes que la conforman (placas tectónicas).

Un sismo se genera cuando algunas secciones de la litosfera se reacomodan. En ocasiones, el movimiento entre estas secciones se ve entorpecido por la fricción. Debido a esto, al comprimirse unas con otras, comienza un proceso de acumulación de energía elástica. Tarde o temprano, alguna de estas secciones de la litosfera cede y la energía se libera en todas direcciones. Después de eso las placas alcanzan un estado de equilibrio dinámico. Es importante mencionar que los sismos más importantes ocurren en las cercanías de los límites convergentes de las placas tectónicas, tal como te pudiste dar cuenta en la actividad inicial.

Conectando con...

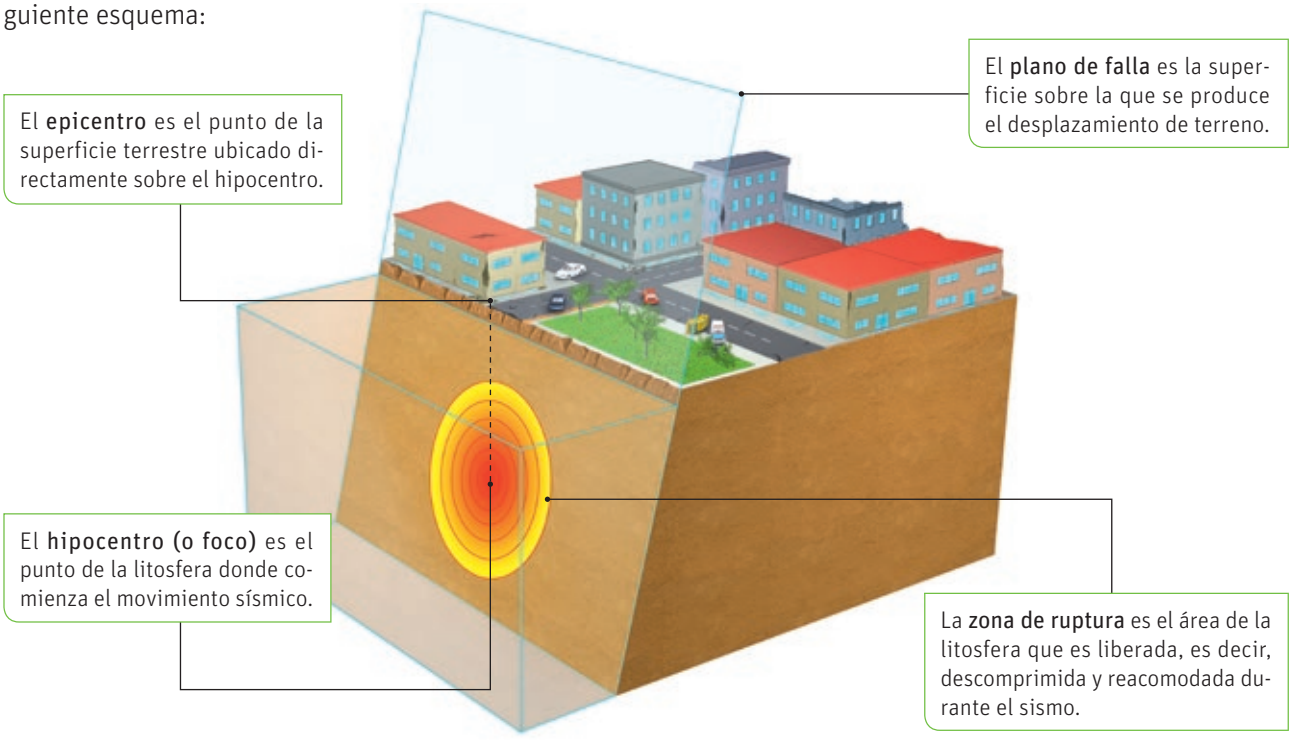
Nuestros pueblos originarios

En la mitología del pueblo Mapuche, se explican los sismos y los maremotos como producto de la eterna lucha entre dos serpientes: *Kai Kai* y *Treng Treng*. La primera, representa el poder del mar y lo profundo, mientras que *Treng Treng* representa a la tierra y la cercanía al Sol. De forma constante, *Kai Kai* intenta apoderarse de las tierras, lo que es advertido oportunamente por *Treng Treng*, quien agitando su cola, sacude la tierra. De esta manera, los habitantes de las zonas bajas saben que para evadir la furia de *Kai Kai* deben subir a terrenos elevados.

Kai Kai y *Treng Treng*, obra del artista mapuche Idelfonso Quilempan.

Características de un sismo

Las principales características de un sismo, se explican a partir del siguiente esquema:



¿Cómo se propaga un sismo?

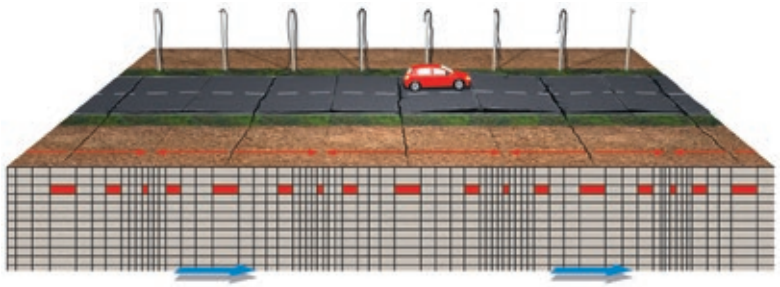
La energía liberada en la zona de ruptura de un sismo altera el equilibrio de la Tierra, de manera análoga a cuando se libera un resorte comprimido. Dicha energía se propaga en forma de ondas, denominadas **ondas sísmicas**. Existen cuatro tipos de ondas sísmicas, las que se describen a continuación.

Conectando con...

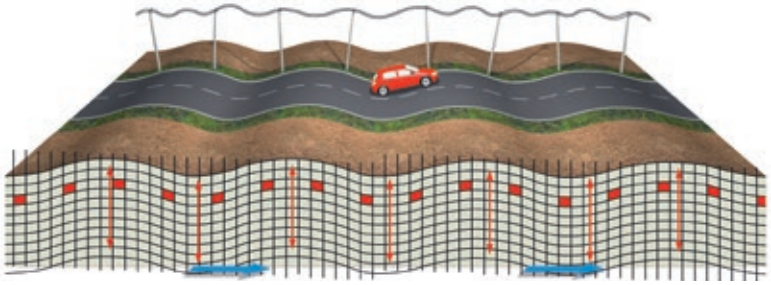
Las TIC
Ingresa el código TF1P178 en la página web de tu texto. Ahí encontrarás una animación que te permitirá distinguir entre las principales características de un sismo.

Ondas primarias (ondas P)

Se originan en el foco del sismo y se propagan en todas direcciones en forma longitudinal, tal como el sonido. De hecho, las frecuencias de algunas ondas P pertenecen al rango audible, lo que permite que los humanos las puedan escuchar. Las ondas primarias se propagan en fluidos y en sólidos. Por ser las más rápidas, son las primeras que se registran.



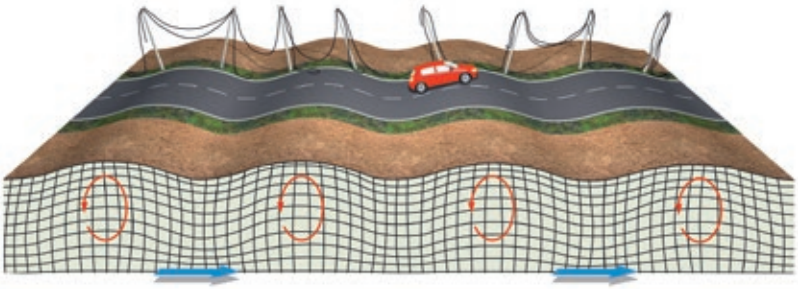
Ondas secundarias (ondas S)



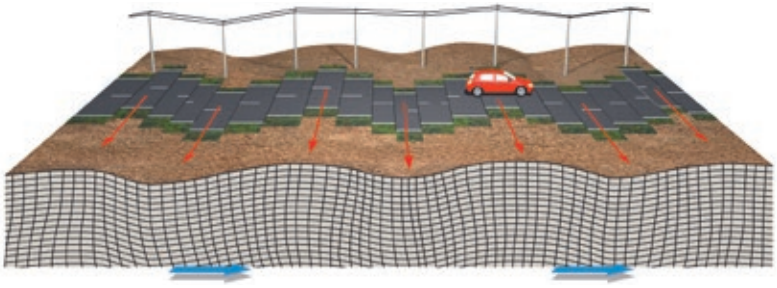
Se producen en el foco al mismo tiempo que las ondas P, pero al ser transversales, su rapidez es menor y por ello se perciben después de las ondas P. Junto a las ondas primarias, se las clasifica como ondas de cuerpo. Las ondas S no pueden propagarse por el interior de los fluidos.

Ondas de Rayleigh (ondas R)

Se originan en el epicentro y se propagan por la superficie de la Tierra, por lo que se las clasifica como ondas superficiales. Generan un movimiento en forma de elipse en la superficie, dificultando el desplazamiento durante un sismo. Estas ondas son percibidas después de las ondas secundarias.



Ondas de Love (ondas L)

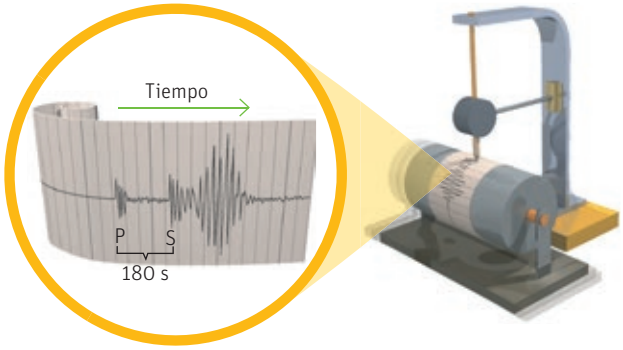


Son ondas superficiales generadas en el epicentro y son las últimas en percibirse. Son reconocidas como las ondas más destructivas de un terremoto. El terreno oscila de forma perpendicular a la dirección de propagación de la onda.

El registro de las ondas sísmicas

Las ondas sísmicas se propagan de forma diferenciada a través de la Tierra, lo que permite, mediante una red de sismógrafos, identificar exactamente dónde se generó el sismo e incluso estimar la energía liberada por este.

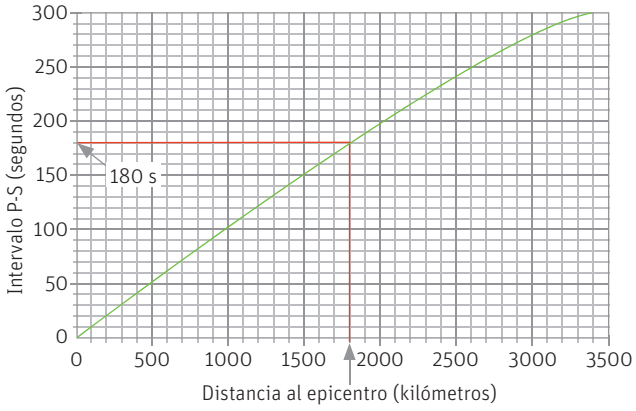
Un sismógrafo sencillo consta de una masa suspendida que oscila, y producto de la vibración, puede hacer un registro sobre un tambor móvil.



En el sismograma de la imagen se reconocen los diferentes tipos de onda: las primeras ondas en ser registradas son siempre las ondas P, pues son las más rápidas; luego se detectan las ondas S y, por último, las ondas superficiales.

Por medio de un sismograma se puede calcular la distancia a la que se encuentra el epicentro del sismo de la estación sismológica. Esto se realiza determinando el tiempo transcurrido desde que se registra la primera onda P y la primera onda S. Luego, mediante una tabla de equivalencias como la presentada en el gráfico inferior, se determina la distancia.

Intervalo P-S en función de la distancia al epicentro



Para el sismograma presentado en la imagen superior, la distancia entre la estación sismológica y el epicentro del sismo es de 1800 km.

PROYECTO

Construyendo un sismógrafo

OBJETIVO

Diseñar y construir un instrumento que permita registrar el movimiento producido a partir de un sismo.

HABILIDAD

Investigar, recopilar información, integrar conocimientos de distintas áreas, diseñar y crear material concreto.

ACTITUDES

Trabajar en equipo y asumir el compromiso para llevar a cabo una tarea.

IMPORTANTE

- Pueden introducir todas las modificaciones que estimen convenientes para mejorar o ampliar el proyecto.
- Utilicen los conocimientos adquiridos en la unidad como base para fundamentar el trabajo.
- Lleven a cabo todas las etapas necesarias y entreguen este reporte a su profesor o profesora una vez finalizado su proyecto.
- Pueden recurrir a su profesora o profesor de Tecnología, para que les ayude a resolver aspectos técnicos del montaje.

PLAZO SUGERIDO

Se propone un plazo de dos semanas para planificar y ejecutar su proyecto.

CONEXIÓN CON...

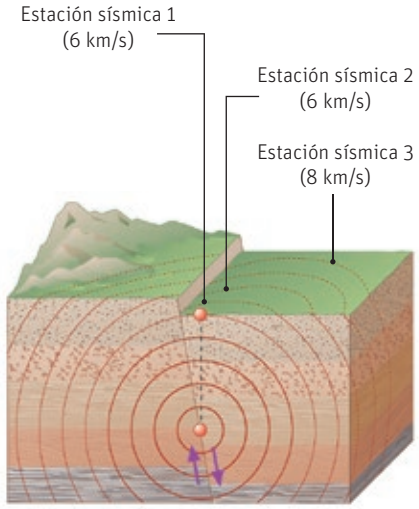
LAS TIC

Existen diversas aplicaciones de libre uso que permiten emplear el celular como un vibrómetro o sismógrafo. Si lo estiman necesario, utilicen dichas aplicaciones para calibrar el sismógrafo que construirán.

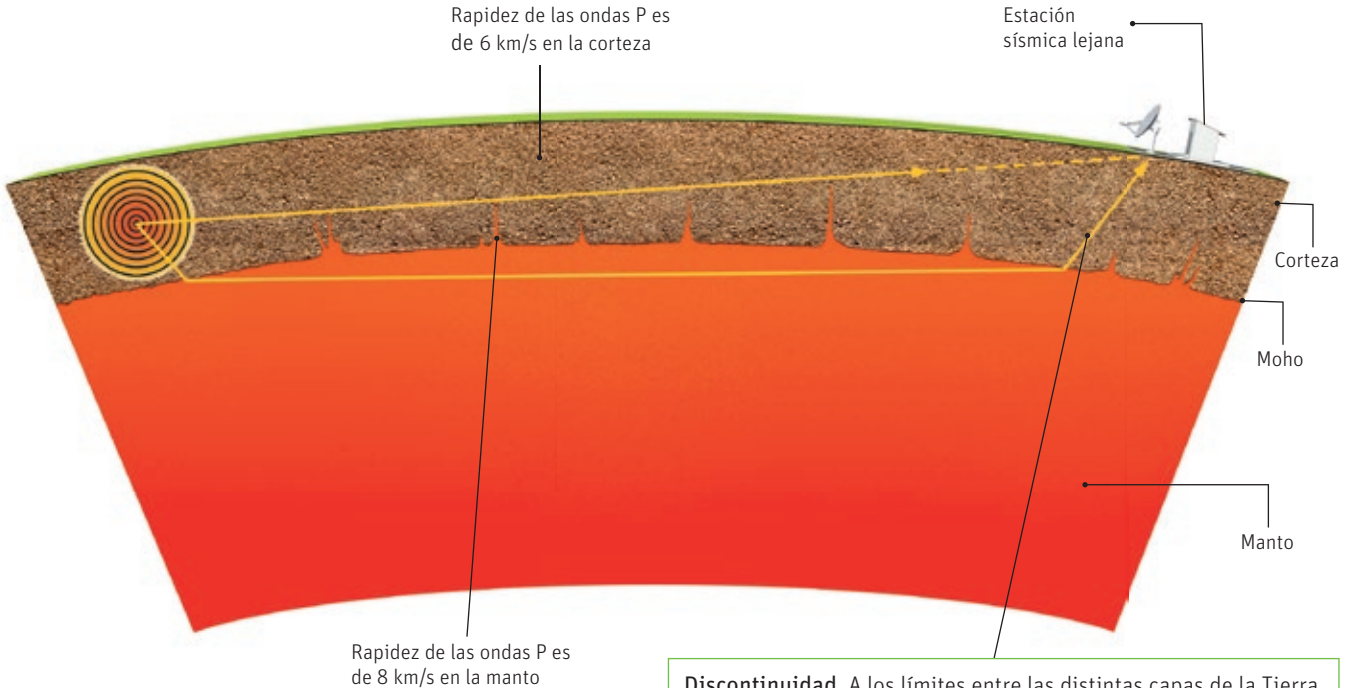
¿Cómo a partir de las ondas sísmicas se pudieron conocer las capas de la Tierra y sus límites?

En 1909, un sismo superficial ocurrido en Croacia permitió al meteorólogo y sismólogo Andrija Mohorovicic (1857-1936) determinar la existencia de dos tipos de ondas de cuerpo. Las ondas primarias u ondas P, que eran longitudinales, y las ondas secundarias u ondas S, que eran transversales. Gracias a los datos recolectados por los sismógrafos, logró estimar la rapidez con que las ondas P se transmitían desde el foco sísmico. Mohorovicic determinó que las ondas P se propagaban con una rapidez de 6 km/s. Sin embargo, una vez que estudió la llegada de las ondas P a diferentes estaciones sísmicas, se percató de algo extraño: el tiempo que demoraban las primeras ondas P en arribar a las estaciones sísmicas más cercanas era consistente con una rapidez de 6 km/s; pero para estaciones sísmicas lejanas, las primeras ondas P se demoraban bastante menos de lo esperado, lo que no era consistente con la rapidez predicha, sino que con una rapidez aproximada de 8 km/s, como si dichas ondas hubiesen tomado un atajo. ¿Cuál fue la interpretación de Mohorovicic de este fenómeno?

Mohorovicic llegó a la conclusión de que bajo los 50 km de profundidad había una capa con características químicas distintas a las que tenía la capa más superficial, con lo que podía diferenciarse la corteza del manto. En la interfaz entre ambas capas, las ondas sísmicas experimentaban refracción y se propagaban con una mayor rapidez por el manto. A dicha interfaz se le conoce como discontinuidad de Mohorovivic, o simplemente Moho.



↑ Mohorovicic observó una anomalía en la propagación de las ondas sísmicas.

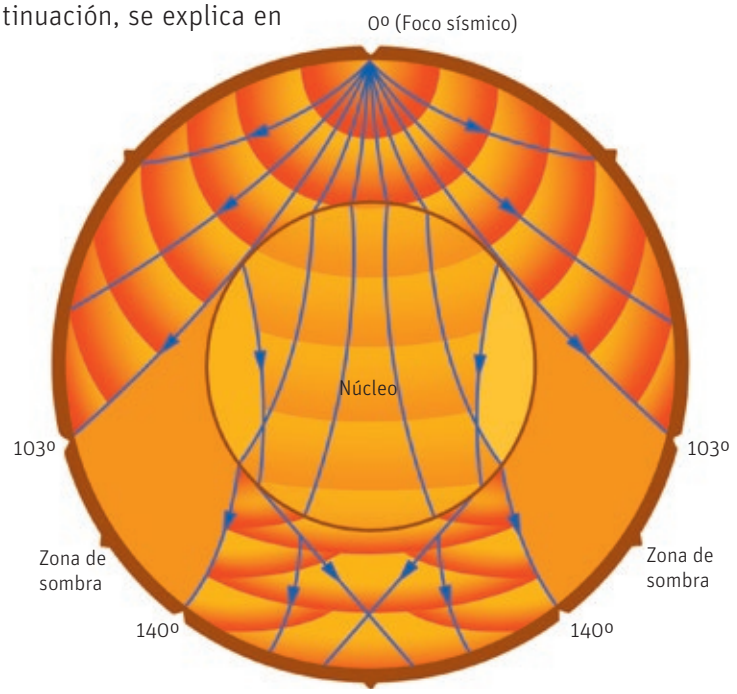


Discontinuidad. A los límites entre las distintas capas de la Tierra se les conoce como discontinuidades, debido a que son zonas de refracción de las ondas sísmicas, es decir, las rapideces de propagación de las ondas cambian bruscamente en dichos límites.

Gutenberg y la interpretación de las sombras sísmicas

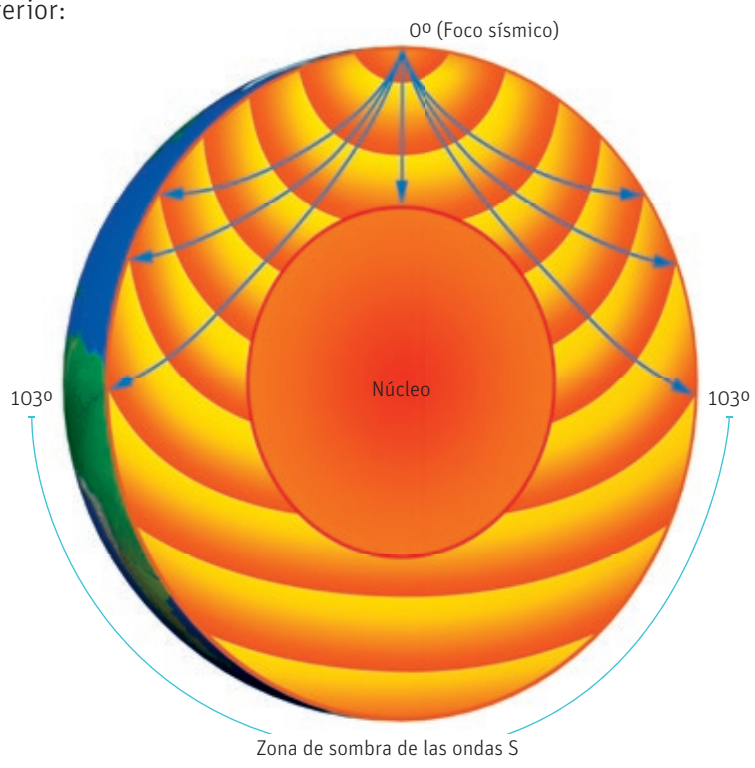
Una de las observaciones que llevó al sismólogo alemán Beno Gutenberg (1889-1960) a plantear, en 1914, la existencia de un nuevo límite o discontinuidad fue la desaparición de las ondas P en determinadas zonas, al propagarse desde el foco sísmico. A continuación, se explica en detalle este fenómeno.

Se habían medido ondas P directas, hasta los 103° (a partir del foco sísmico). Luego, estas ondas desaparecieron y volvieron a ser registradas desde los 140°, sin embargo, con un retraso de unos dos minutos respecto a lo que se esperaba. Esto llevó a Gutenberg a plantear la existencia una esfera central en la que las ondas disminuían drásticamente su rapidez de propagación. A esta esfera central se le denominó núcleo terrestre y debía ser de distinta composición química y diferente comportamiento dinámico que el manto. Gutenberg estimó que el límite entre el manto y el núcleo estaba a 2900 km de profundidad.



Tiempo después, se observó que también a partir de los 103° medidos desde el foco del sismo, las ondas S desaparecían y no volvían a registrarse. Este hecho se explica en el esquema inferior:

La sombra de ondas S, además de indicar un cambio en la composición al interior de la Tierra, señala una diferencia en las características del material. Si recuerdas, las ondas S son transversales, por lo que no pueden propagarse en un fluido. Esto permitió establecer la razón por la cual las ondas S se detienen en una región del interior del planeta. El núcleo, al menos en su parte externa, debe estar en estado líquido.



Aprendiendo a aplicar un método de procesamiento de datos

Ubicación del epicentro de un sismo mediante triangulación

Objetivo
Analizar un método para determinar el epicentro de un sismo.

Habilidades
Emplear modelos para predecir relaciones.

Actitud
Valorar la utilidad de los métodos de procesamiento de datos.

Tiempo
30 minutos.

Paso 1 Conoce las etapas del método

Para ubicar el epicentro de un sismo, se necesitan al menos dos sismogramas de estaciones sismológicas distintas. A partir de los datos aportados por cada estación, es posible aplicar el método de triangulación, cuyas etapas son:

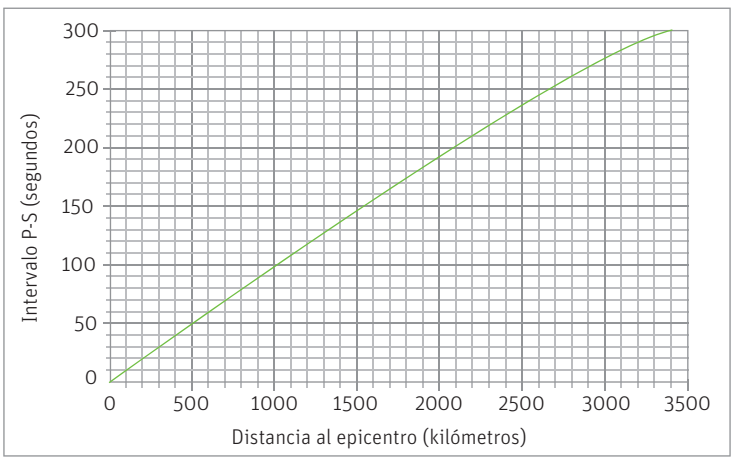
- Determinar a qué distancia de cada estación sismológica ocurrió el sismo.
- Utilizar un mapa y dibujar circunferencias con el centro en las estaciones sismológicas.
- Determinar la intersección de las circunferencias; esta corresponde al epicentro.

Paso 2 Aplica cada una de las etapas

Para aplicar las fases del método, analizaremos el siguiente ejemplo: se ha producido un sismo y se cuenta con la información del intervalo P-S para cada una de las estaciones sismológicas, identificadas como T, Q y R, respectivamente. Los datos se presentan a continuación:

Estación sismológica	T	Q	R
Intervalo P-S (en segundos)	170	240	280

Para determinar la equivalencia entre el intervalo P-S, utilizamos el gráfico presentado en la página 139.



Por lo tanto, la distancia al epicentro desde la estación T es 1800 km, desde la estación Q, 2600 km y desde la estación R, 3000 km.

Con ayuda de un compás, se trazan circunferencias con el centro en cada una de las estaciones de medición, cuyo radio debe corresponder a la distancia determinada en cada caso. Se debe considerar que la arista de cada cuadradito del mapa mide 200 km.

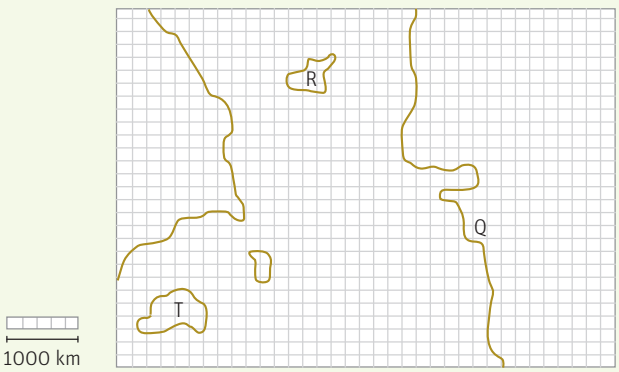
Las circunferencias trazadas se intersecan en un único punto, y este corresponde al epicentro del sismo. En este caso, se designa con la letra Z.

Desafío

Aplica

Se ha producido otro sismo, que nuevamente ha sido detectado por las estaciones T, Q y R. Utilizando los datos de los intervalos P-S de la tabla inferior y el gráfico de equivalencias, determina gráficamente el epicentro del sismo.

Estación sismográfica	T	Q	R
Intervalo P-S (en segundos)	270	230	100



Los parámetros de un sismo

No solo es importante determinar dónde ocurrió un sismo, sino que, para caracterizarlo completamente y tener un registro más preciso de él, es necesario medirlo. Para ello, existen dos criterios a los que se les asigna un valor numérico: la magnitud y la intensidad. A continuación, se explica cada uno de ellos.

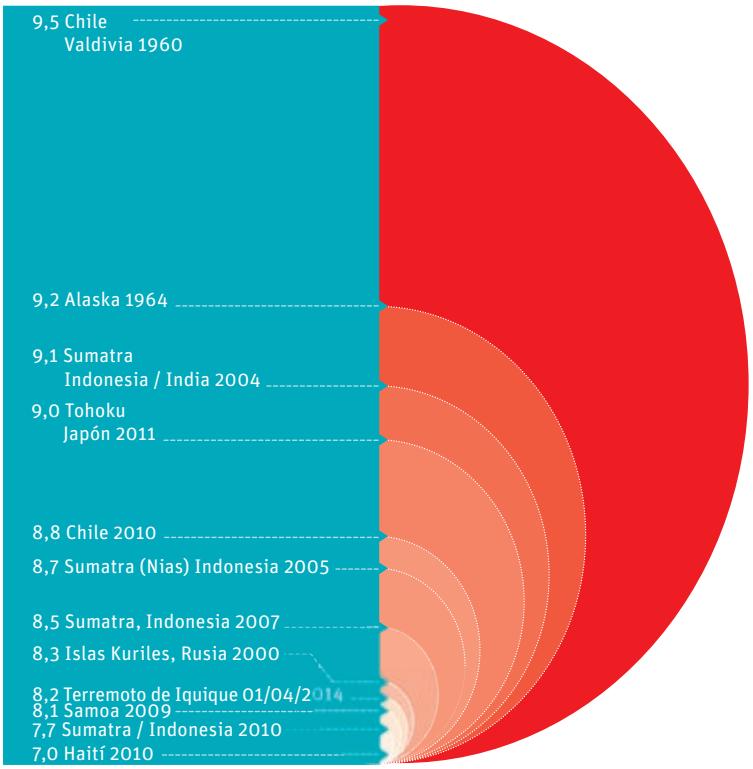
Magnitud

La **magnitud de un sismo** es un parámetro que nos indica la energía liberada por este. El valor numérico asociado a la magnitud es independiente de la distancia a la que se encuentre el epicentro del sismo. Existen (principalmente) dos escalas de magnitud, la **escala de Richter** (M_L) y la **escala de magnitud de momento** (M_W). En el siguiente recuadro se establece una comparación entre ambas.

Escala	Creada por	En qué se basa	Fortalezas	Debilidades
Richter (M_L)	Charles Richter (1938)	Registro sísmico.	Fácil de calcular. Es una estimación adecuada para sismos pequeños y medianos.	Pierde precisión por sobre los 8 grados (se satura).
Magnitud de momento (M_W)	Kanamori y Hanks (1979)	Área de la zona de ruptura y características de la roca.	Realiza una estimación adecuada del tamaño de los terremotos grandes. Coincide con la escala Richter en la medición de sismos pequeños y medianos.	Es más compleja de calcular, debido a las características de los datos requeridos.

Es importante destacar que las escalas de magnitud no son lineales, sino logarítmicas, por lo que un sismo de magnitud 7 no es dos veces mayor a uno de magnitud 5, sino que 1000 veces mayor. A cada incremento de un grado le corresponde una energía 32 veces mayor. Si bien las escalas de magnitud no tienen un límite superior, nunca se ha registrado un terremoto de magnitud 10. El terremoto de mayor magnitud del que se tiene registro ocurrió en Valdivia, Chile, en 1960, y tuvo una magnitud de 9,5.

En la actualidad, la escala más utilizada es la de magnitud de momento. Sin embargo, aún es habitual que la prensa entregue la magnitud de un sismo en la escala de Richter.



➔ En el esquema de la derecha, se ejemplifica de manera gráfica el incremento logarítmico de una escala de magnitud. Para comparar dos eventos símicos, se debe considerar el área barrida por cada círculo.

Intensidad

La **intensidad de un sismo** es la evaluación de sus efectos sobre las personas, las construcciones y el terreno en un lugar específico. Generalmente, cuando ocurre un sismo, el primer parámetro que los medios de comunicación informan corresponde a su intensidad. Esta depende de varios factores, siendo los principales:

- **La distancia del epicentro**. Por lo general, mientras más cerca se esté del epicentro, mayor será la intensidad.
- **La profundidad del hipocentro**. Por lo general, mientras más superficial sea el sismo, mayor será su intensidad.
- **El terreno**. Los terrenos poco compactos tienden a amplificar el movimiento del suelo; allí la intensidad del sismo será mayor.
- **La calidad de la infraestructura**. Los materiales usados y las normas seguidas en la construcción tienen un impacto considerable en la resistencia de las estructuras ante los sismos.

Es importante señalar que la intensidad del sismo, a diferencia de la magnitud, no es única. Esto significa que un mismo sismo puede tener diferentes intensidades en ciudades o localidades cercanas.

Las escalas de intensidad utilizadas han sido la **escala de Rossi-Forel** (durante el siglo XIX) y la **escala de Mercalli**, introducida a principios del siglo XX.

La escala de Mercalli ha experimentado algunas modificaciones, buscando hacerla más objetiva. Hoy en día utilizamos la **escala de Mercalli modificada** (MM). Esta escala consiste en 12 grados de intensidad, los que se detallan a continuación:

Un mismo sismo puede presentar una gran diferencia entre su magnitud y su intensidad. Por ejemplo, el terremoto de Haití del año 2010 tuvo una magnitud (M_w) de 7, sin embargo, una intensidad de X (MM).

Escala de Mercalli Modificada (MM)

Grado	Efectos observados	Grado	Efectos observados
I	Imperceptible para las personas, solo registrado por los instrumentos.	VII	Se hace difícil mantenerse de pie, e incluso es percibido por aquellas personas que van en un automóvil. Provoca graves daños en la construcción ligera.
II	Percibido solo por algunas personas que estén en reposo, particularmente aquellas que se encuentran en los pisos superiores de edificaciones.	VIII	Las construcciones especialmente diseñadas sufren ligeros daños, las otras resultan seriamente dañadas.
III	Percibido por mucha gente, pero no suelen darse cuenta de que es un sismo.	IX	Hay daños considerables en las construcciones especializadas, como derrumbes parciales, y aparecen grietas en el suelo.
IV	Percibido con claridad, debido a que vibran las ventanas y las puertas.	X	Gran parte de las construcciones queda destruida y el suelo queda con grietas de decímetros.
V	Percibido por casi todos. Quienes se encuentran durmiendo, por lo general, despiertan. Se desplazan los objetos ligeros.	XI	Hay derrumbe de casi todas las construcciones, puentes destruidos, desplazamientos de terrenos y amplias grietas en el suelo.
VI	Percibido por gran parte de la población. Los muebles se mueven de su sitio y se producen pequeños daños en las construcciones de material ligero.	XII	Hay destrucción total, grandes masas de rocas se desplazan, se cierran valles y se desvían ríos.

Los efectos de los sismos

Si bien un sismo se origina en el interior de la Tierra, su energía es propagada hacia la superficie, generando efectos sobre todo lo que allí se encuentre: edificaciones, masas de agua y relieve geográfico. Para saber cómo un sismo puede afectar una gran masa de agua, los invitamos a realizar la siguiente actividad:

Actividad

Objetivo
A partir de la modelación de un tsunami, comprender cómo ocurre e inferir sus consecuencias.

¿Qué deben saber para desarrollar la actividad?

Habilidades
Emplear modelos para apoyar explicaciones.

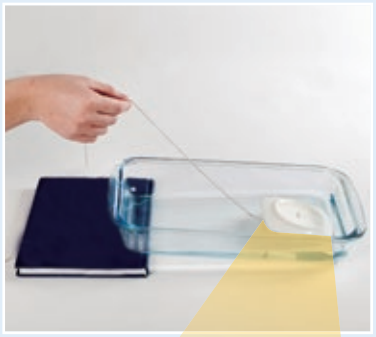
Actitud
Participar activamente en el desarrollo de un procedimiento.

Tiempo
30 minutos.

Modelando los efectos de un sismo sobre una masa de agua

Reúnanse en grupos de tres o cuatro integrantes y desarrollen el procedimiento que sigue:

1. Consigan una fuente transparente y rectangular, de al menos 30 cm de largo, un plato de loza pequeño, un palito de fósforo, hilo, un libro o cuaderno no muy grueso y agua.
2. Amarren el hilo a un trozo de palito de fósforo. Luego, añadan agua al recipiente y sitúenlo de forma inclinada (apoyándolo en el libro). Ubiquen el plato dentro de la fuente, sujeto por el palito de fósforo, en la posición que se muestra en la imagen. Antes de seguir respondan: ¿qué piensan que ocurrirá al tirar del hilo? Realicen una predicción.
3. Ahora, tiren del hilo y observen lo que ocurre con el agua. Si es necesario, repitan varias veces la experiencia.



A partir del procedimiento desarrollado, respondan:

a. ¿Qué observaron en la actividad? Describan.
b. ¿Qué representa el movimiento que hizo el plato de manera abrupta?
c. ¿Qué fenómeno natural está siendo representado?
d. ¿De qué manera se propaga la energía en el agua? Expliquen.
e. Lo observado corresponde a un modelo, pero ¿qué consecuencias piensan que tiene este fenómeno en una escala mayor, como en el océano?
f. ¿Participaron de manera activa al realizar el procedimiento? De no ser así, ¿cómo lo podrían mejorar?

Los tsunamis

Una de las consecuencias esperadas de un terremoto cuyo epicentro está cercano a la costa es un **tsunami** (o maremoto). Este fenómeno consiste en una serie de grandes olas, de hasta 40 metros de altura, que impactan la costa, después de ocurrido un terremoto.

Al moverse verticalmente una sección de la litosfera con respecto a otra, se desplaza una gran masa de agua, que es sacada del equilibrio. La energía entregada al agua se propaga a través de ella, tal como ocurre al lanzar una piedra a un estanque con agua. A mayor masa de agua desplazada, mayor será la energía propagada a través del océano.

En altamar, las ondas generadas pueden propagarse a una rapidez superior a los 700 km/h y prácticamente no se distinguen del oleaje común, pues su altura suele ser inferior a un metro. Sin embargo, a medida que las olas se acercan a la costa y la profundidad del mar se reduce, estas comienzan a crecer en altura y a reducir su rapidez, la que puede llegar a los 50 km/h. Debido a la gran altura de las olas al llegar a la costa, este fenómeno es conocido como tsunami: palabra japonesa que significa "ola de puerto".

Una señal inequívoca de la aproximación de una ola de tsunami es la violenta retirada del agua, que deja expuestas extensas áreas del lecho marino. Sin embargo, la retirada del agua dura solo un tiempo breve, pues el tsunami en ese momento ya ha entrado a la plataforma continental. Dependiendo de las condiciones del territorio costero, la ola llegará en pocos minutos, sobrepasando por mucho la línea de la costa y arrasando violentamente con lo que encuentre a su paso.

Medidas de acción y prevención frente a un tsunami

No es posible predecir cuándo ni dónde se producirá un terremoto que dé origen a un tsunami. Sin embargo, si se detecta a tiempo, es posible dar aviso a la población con algunos minutos u horas de anticipación. En caso de alerta de tsunami, es importante considerar lo siguiente:

- ✓ Caminar rápidamente a sectores altos, por sobre los 30 metros del nivel del mar.
- ✓ Evitar el uso de vehículos, pues existe mayor riesgo de atochamientos.
- ✓ Recordar que un tsunami es una serie de olas, y normalmente la primera no es la más destructiva.

Chile, un país sísmico

¿Recuerdas cuándo fue el último sismo que percibiste? Seguramente, no fue hace mucho tiempo, ya que nuestro país presenta una de las mayores actividades sísmicas del mundo. En la siguiente tabla, se señalan los principales terremotos que han ocurrido en Chile en los últimos 100 años:

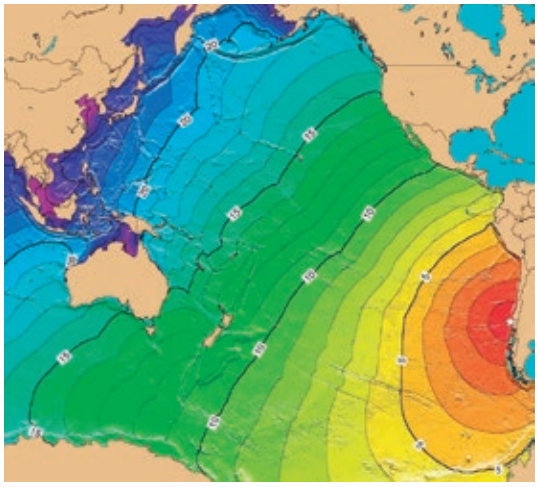
Mayores sismos en Chile en los últimos 100 años		
Localidad	Fecha	Magnitud (M_w)
Vallenar	10 de noviembre de 1922	8,5
Ovalle	6 de abril de 1943	8,2
Valdivia	22 de mayo de 1960	9,5
Algarrobo	3 de marzo de 1985	8,0
Cobquecura	27 de febrero de 2010	8,8
Iquique	1 de abril de 2014	8,2
Illapel	16 de septiembre de 2015	8,4

Ayuda

Es habitual hacer la distinción entre temblor y terremoto, considerando al primero como un movimiento telúrico de menor intensidad que el segundo. Sin embargo, esta es una clasificación subjetiva, ya que depende de factores observables. Cualquier movimiento telúrico (temblor o terremoto) corresponde a un sismo.

El gran terremoto de Valdivia

El terremoto que ocurrió en Chile el 22 de mayo de 1960 es, a la fecha, el de mayor magnitud que se haya registrado en la historia. Su magnitud de momento sísmico fue de 9,5, lo que significa que liberó 11 veces más energía que el del 27 de febrero de 2010. La zona de ruptura se extendió desde la península de Arauco hasta la península de Taitao, en la Región de Aysén. Al terremoto le siguió un tsunami que afectó la costa desde Concepción hasta Chiloé, con olas sobre los 10 metros. En horas posteriores, las olas del tsunami llegaron a lugares tan lejanos como Hawai, Japón y Nueva Zelanda, donde también se produjeron cuantiosos daños materiales y la pérdida de vidas humanas. Dos días después del terremoto, el complejo Volcán Puyehue-Caulle, ubicado en la Región de Los Ríos, entró en erupción. Muchos de los humedales actuales de Valdivia surgieron por efecto del terremoto, por lo que se puede afirmar que la geografía valdiviana fue modelada, en buena parte, por este sismo.



En la imagen, se representa el tiempo (en horas) que tardó el maremoto originado por el megasismo de Valdivia en recorrer el océano Pacífico.

Investiga y comunica

Chile es afectado continuamente por una gran actividad geológica, entre la que destaca la sismicidad. Reúnanse en grupos de tres o cuatro integrantes y realicen lo siguiente:

- Debatan entre ustedes acerca de las consecuencias sociales y económicas que puede ocasionar un sismo de gran magnitud y/o un tsunami en un país.
- Investiguen en diferentes fuentes sobre cuáles han sido las consecuencias sociales y económicas de los últimos terremotos o tsunamis ocurridos en Chile, así como los tiempos que se han requerido para la reconstrucción. Finalmente, comuniquen sus conclusiones al resto del curso mediante una presentación en PowerPoint.

Las calles de la ciudad de Valdivia luego del terremoto de 1960.

La prevención ante un terremoto

La prevención sísmica corresponde a todas las acciones que permiten evitar o reducir los efectos producidos por un terremoto. Las principales medidas de prevención son:

- **Elaboración de mapas de riesgo sísmico**. Conocer los terremotos ocurridos en el pasado permite determinar la probabilidad de que vuelvan a ocurrir.
- **Establecer normas de construcción**. En Chile, existe una estricta norma de construcción, que considera el riego sísmico al que se exponen las nuevas edificaciones.
- **Educar a la población**. Conocer lo que debe hacerse en caso de un terremoto puede salvar la vida de muchas personas.

¿Qué hacer en caso de un sismo?

Mantén la calma y transmítesela a otros. Si estás dentro de tu casa, de un edificio o del colegio, ten presente lo siguiente:

- ✓ Aléjate de ventanas y abre las puertas.
- ✓ No salgas, ya que las salidas y escaleras pueden estar bloqueadas.
- ✓ En caso de que el sismo sea de una intensidad considerable, resguárdate bajo estructuras como los marcos de las puertas o muebles sólidos que te protejan.
- ✓ De ser necesaria una evacuación si estás en un edificio, nunca utilices el ascensor.
- ✓ Una vez ocurrido el sismo, no debes encender fuego ni artefactos eléctricos, ya que podrían existir fugas de gas.
- ✓ Para comunicarte con tus familiares, privilegia el uso de mensajes de texto y de redes sociales a través de tu teléfono, ya que las líneas telefónicas tienden a colapsar después de un sismo.

Si te encuentras en el exterior, ten presente lo siguiente:

- ✓ Mantente alejado de edificios, paredes y otros objetos que puedan caer.
- ✓ Si viajas en un vehículo, sugiere que este se detenga en un lugar despejado y aléjate de los puentes y vías elevadas.

PROYECTO

¿Cuál es el plan de acción para enfrentar un sismo en mi colegio?

OBJETIVO
Conocer, evaluar y proponer mejoras al plan de acción existente en nuestro colegio para enfrentar un sismo e informar de dicho plan a toda la comunidad escolar.

HABILIDAD
Investigar, recopilar información, integrar conocimientos de distintas áreas, diseñar y crear material concreto.

ACTITUDES
Valorar las medidas de seguridad y autocuidado personal e incentivar el trabajo colaborativo.

IMPORTANTE
- Pueden introducir todas las modificaciones que estimen convenientes para mejorar o ampliar el proyecto.
- Utilicen los conocimientos adquiridos en la unidad como base para fundamentar su proyecto.
- Lleven a cabo todas las etapas necesarias y entreguen este reporte a su profesor o profesora una vez finalizado su proyecto.
- Soliciten ayuda a sus profesores, inspectores y directivos de su colegio, así como a entidades especializadas como bomberos o personal de la ONEMI.
- Descarguen toda la información que necesiten en la página www.onemi.cl.

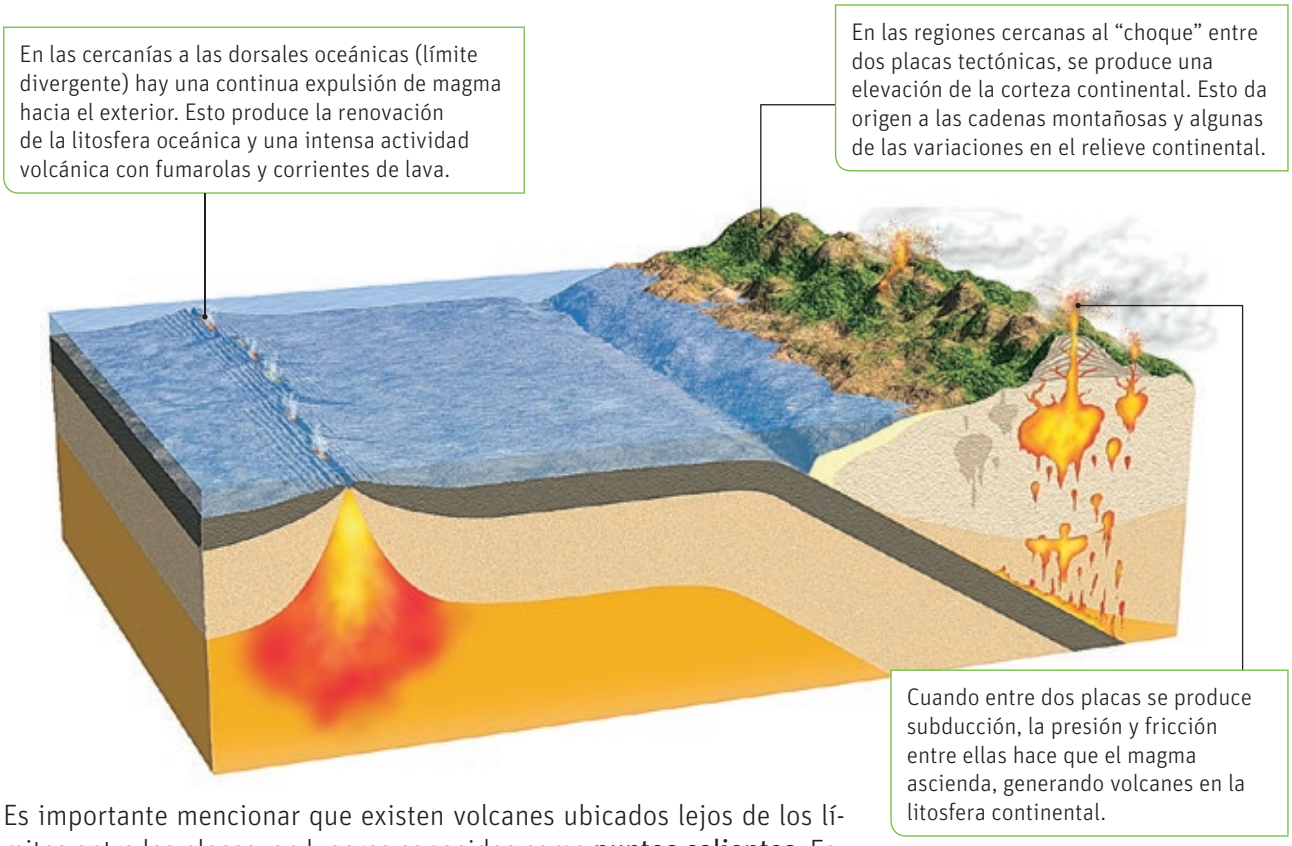
PLAZO SUGERIDO
Se propone el plazo de dos semanas para planificar y ejecutar su proyecto.

CONEXIÓN CON...
LAS TIC
Elaboren un tríptico informativo con las medidas de acción, lugares seguros y vías de evacuación de su colegio frente a un sismo, y distribúyanlo entre sus compañeros de su curso. Generen, además, una versión digital que pueda ser distribuida mediante correos electrónicos o redes sociales a toda la comunidad escolar.

Las placas tectónicas y el volcanismo

Recurso digital complementario

El **volcanismo** es la expulsión de magma hacia la superficie del planeta, ya sea en el fondo marino o en la litosfera continental. Este proceso se encuentra estrechamente ligado con el continuo movimiento de las placas tectónicas. La formación de los volcanes y del relieve continental se explica en el siguiente esquema:



Es importante mencionar que existen volcanes ubicados lejos de los límites entre las placas, en lugares conocidos como **puntos calientes**. Estos volcanes se originan, teóricamente, por fisuras del manto que traen material fundido directamente desde el límite con el núcleo hacia la litosfera. Un ejemplo de esto son las islas de Hawai.

CIENCIA en CHILE

Observatorio volcanológico de los Andes del sur

El observatorio volcanológico de los Andes del sur (OVDAS) es parte del proyecto de la Red Nacional de Vigilancia Volcánica y su objetivo es establecer sistemas para el monitoreo permanente de los volcanes más peligrosos de los Andes del sur. En una primera etapa, esta vigilancia instrumental implicó únicamente equipos sismológicos pero, en la actualidad, incluye la presencia de cámaras de monitoreo en línea; inclinómetros, que miden la deformación probable de un volcán, e instrumentos de medición de gases y equipos de GPS. A la fecha, el buen desempeño de esta Red ha sido puesta a prueba por la erupción del cordón Caulle, y las alertas tempranas de los volcanes Copahue, Villarrica y Calbuco.

En las regiones cercanas a los volcanes se produce actividad geotermal. En la imagen, se muestran los géiseres del Tatio, ubicados en el norte de Chile.

Los volcanes

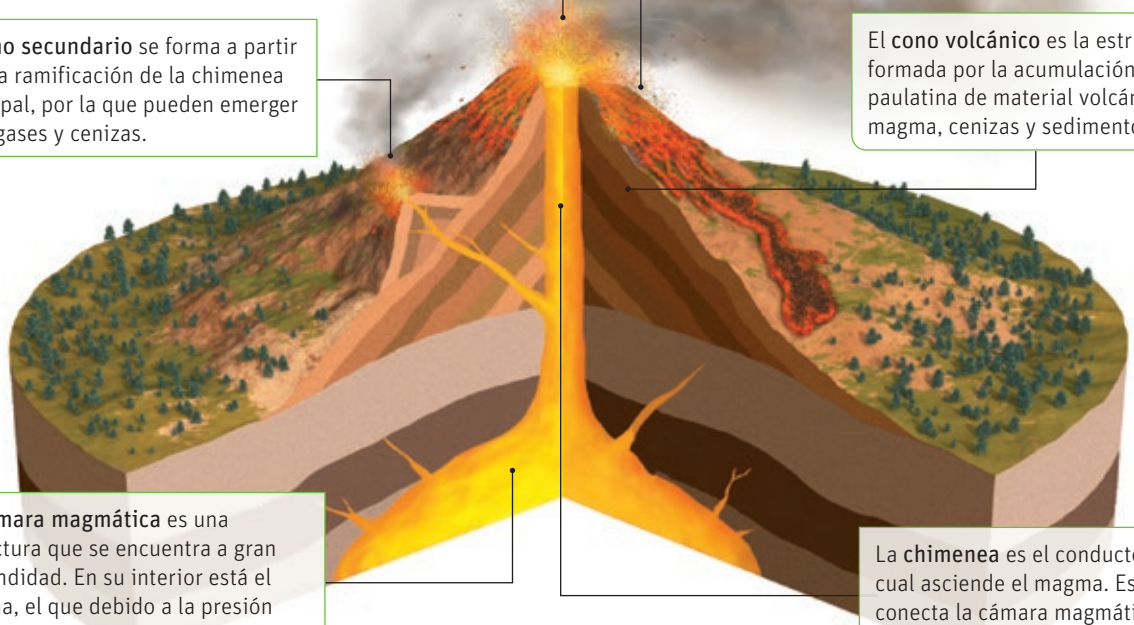
Los volcanes se originan al producirse una grieta o fisura en la corteza por la presión que ejerce el magma al abrirse paso hacia la superficie. La clásica estructura que asociamos a un volcán se debe a continuas erupciones a lo largo de los siglos, que genera una acumulación de material en una estructura cónica. En el esquema inferior se explica cada una de las partes que conforman este tipo de volcán. Es importante mencionar que no todos los volcanes tienen esta estructura. Un ejemplo son los volcanes fisurales, típicos de zonas de divergencia, estos no tienen una estructura cónica.

El **cráter** corresponde a una cavidad situada en la cima del cono volcánico. A través de dicha abertura, emerge el magma y los gases que se encuentran a elevadas presiones y temperaturas.

La **lava** es roca fundida, cuya temperatura oscila entre los 700 °C y 1200 °C. La lava asciende por la chimenea hasta alcanzar la superficie, lugar donde lentamente comienza a enfriarse.

El **cono secundario** se forma a partir de una ramificación de la chimenea principal, por la que pueden emerger lava, gases y cenizas.

El **cono volcánico** es la estructura formada por la acumulación paulatina de material volcánico: magma, cenizas y sedimentos.



La **cámara magmática** es una estructura que se encuentra a gran profundidad. En su interior está el magma, el que debido a la presión puede encontrarse en estado sólido.

La **chimenea** es el conducto por cual asciende el magma. Esta conecta la cámara magmática con el cráter.

Conectando con...

La arqueología

En el año 79 d. C., la erupción del volcán Vesubio fue responsable de la desaparición de una ciudad de la Roma Antigua, Pompeya. Siglos después, los arqueólogos descubrieron parte de esta cuidad enterrada bajo las cenizas. Fue así como pudieron observar la espectacular preservación de las calles, casas, murales y hasta restos humanos.

Actividad

Objetivo
Construir un modelo de un volcán y explicar mediante él cómo se genera el proceso eruptivo.

¿Qué conceptos ya estudiados están relacionados con la actividad?

Habilidades
Emplear modelos para apoyar explicaciones.

Actitud
Iniciar y terminar el trabajo asumido.

Tiempo
60 minutos.

Construyendo el modelo de un volcán

Reúnanse en grupos de tres o cuatro integrantes y desarrollen el procedimiento que se propone:

1. Consigan los siguientes materiales: un matraz o una botella de plástico pequeña, arcilla, una base de madera de 20 cm x 20 cm, medio litro de vinagre y bicarbonato de sodio.

2. Sitúen el matraz sobre la madera, este simulará la cámara magmática. Agreguen la arcilla alrededor del matraz, de manera que de formar el cono volcánico. Para guiar la construcción de su modelo, respondan:

   a. ¿Qué elementos o materiales se podrían añadir al proyecto para que presente un aspecto más realista?
   b. ¿Qué estructura del volcán representa el cuello del matraz?

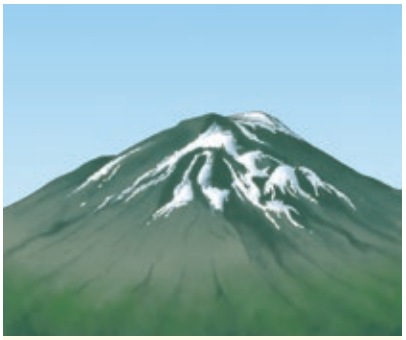
3. Una vez que esté terminada la modelación, realicen una demostración al resto de sus compañeros. Para ello, viertan el vinagre dentro del matraz que contiene el bicarbonato, tal como se representa en la imagen de abajo.

A partir del procedimiento desarrollado, respondan:

a. ¿Qué tipo de reacción se produce entre el bicarbonato y el vinagre?
b. ¿Qué similitudes existen entre su modelo y un volcán real?
c. ¿Cómo piensan que se produce la erupción de un volcán real? Expliquen.
d. ¿Qué aspectos de un volcán son imposibles de ser representados en el modelo?
e. ¿Todos los integrantes del grupo participaron activamente en el desarrollo del procedimiento? ¿Finalizaron de manera adecuada la actividad?

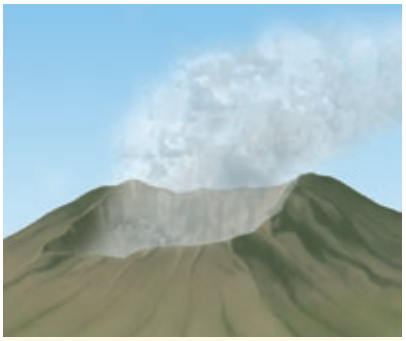
¿Cómo se produce una erupción?

En la actividad anterior, pudieron simular la erupción de un volcán. Sin embargo, a partir de dicho modelo solo es posible representar algunos aspectos del proceso eruptivo. En un volcán real, la alta temperatura del magma y su contenido gaseoso lo hacen menos denso que las rocas que lo rodean. Por esta razón asciende, acumulándose en la cámara magmática. Si esta se encuentra llena, el incremento del magma hará que la presión interna de la cámara aumente hasta que se produzca una erupción volcánica. El proceso completo se resume en la siguiente secuencia:

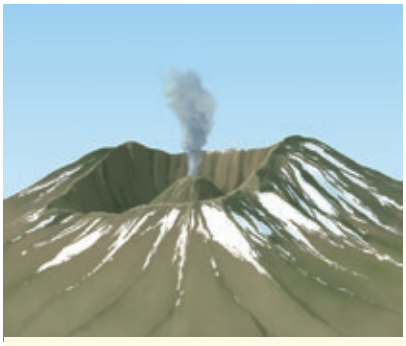


La acumulación de presión dentro de la cámara magmática no produce ningún cambio aparente en el exterior de un volcán. Un indicador de una posible erupción son los sismos generados en las cercanías.

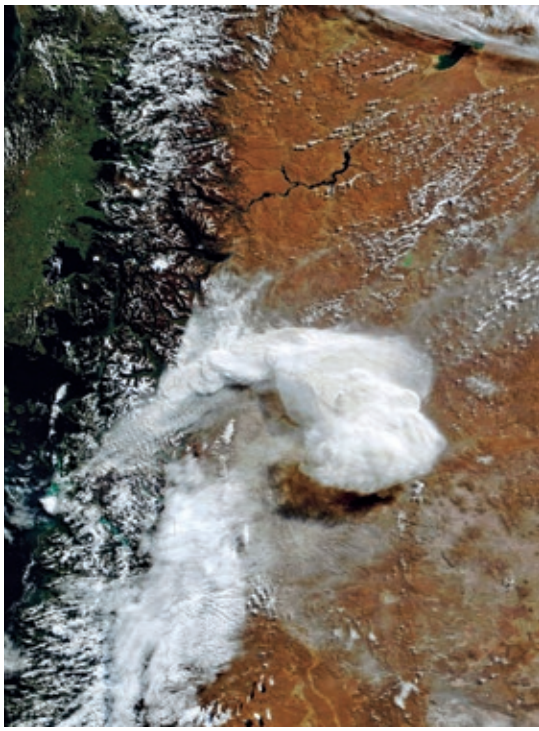
Dependiendo del nivel de presión que alcanza el interior de la cámara magmática y de las características estructurales del cono, una erupción puede ser más o menos violenta.



La extensión del cráter dejado por la erupción depende de la cantidad de energía y de lo abrupto de su liberación.



Una vez que el cráter se enfría, comienza nuevamente a acumularse material en su interior.



En la imagen, se muestra la nube de cenizas del volcán Chaitén vista desde el espacio, en la erupción del año 2008.

Investiga y sintetiza

Actitud: distinguir la importancia de las medidas de seguridad

Reúnanse en grupos de tres integrantes y realicen las siguientes actividades:

- Debatan sobre de las medidas de seguridad que se deben adoptar al ocurrir una erupción volcánica. Luego, investiguen en distintas fuentes bibliográficas acerca de cuáles son las recomendaciones durante y después de una erupción y comuníquenlas al resto de sus compañeras y compañeros.
- Considerando todos los conceptos estudiados en esta lección, elaboren un mapa conceptual que muestre de qué manera estos se relacionan.

El estudio de la dinámica terrestre en la historia

Giuseppe Mercalli

La mayor parte del conocimiento acerca de la estructura interna de la Tierra y de la tectónica de placas se desarrolló a partir del siglo XX. En 1902, el sismólogo y vulcanólogo italiano Giuseppe Mercalli (1850-1914) propuso una escala cualitativa que permite apreciar los efectos de un sismo. Dicha escala lleva su nombre y va de I a XII grados.

Alfred Wegener

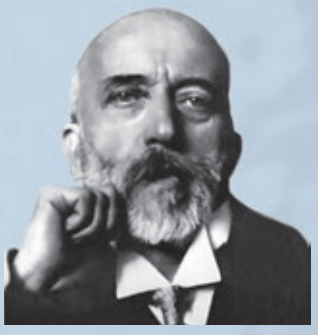
En 1912, el meteorólogo y astrónomo alemán Alfred Wegener (1880-1930) propuso la teoría de la deriva continental. Para apoyar su teoría presentó una gran cantidad de evidencias. Sin embargo, no pudo explicar el mecanismo impulsor del movimiento continental.

Inge Lehmann

En 1936, la sismóloga danesa Inge Lehmann (1888-1993), al interpretar las zonas de sombras producidas por las ondas sísmicas, propuso que el núcleo de la Tierra estaba dividido en dos regiones: un núcleo externo y otro interno. Al límite entre ambos se le denomina discontinuidad de Lehmann, en su honor.

Siglo XX

En 1909, el meteorólogo y sismólogo croata Andrija Mohorovicic (1857-1936) determinó la existencia de dos tipos de ondas sísmicas. A partir de su estudio, pudo concluir la existencia de dos capas: la corteza y el manto. Al límite entre la corteza y el manto se le denomina discontinuidad de Mohorovicic, en su honor.



Andrija Mohorovicic

En 1928, el geólogo británico Arthur Holmes (1890-1965) propuso el primer mecanismo impulsor de los continentes a través del lecho marino: las corrientes de convección en el manto.

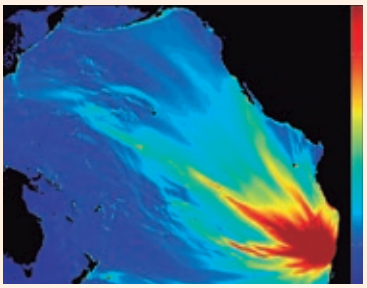
Arthur Holmes

Charles Richter

En 1938, el sismólogo estadounidense Charles Richter (1900-1985) propuso una escala matemática (logarítmica) para la medición de la energía liberada por un sismo. A dicha escala se le denomina escala de Richter.

Harry Hess

En 1962, el geólogo y oficial de la Marina estadounidense Harry Hess (1906-1969) postuló que el afloramiento del magma, desde el interior de la Tierra en las dorsales oceánicas, creaba nueva litosfera.



Hoy en día, satélites con sensores especializados miden la velocidad con la que se mueven las placas tectónicas. Una serie de sensores dispuestos en todo el planeta pueden medir (casi en tiempo real) la magnitud de un sismo.

En 1949, el sismólogo estadounidense Hugo Benioff (1899-1968) publicó un artículo donde sugería que el patrón de sismos en una región de subducción podría ayudar a determinar el ángulo en el cual la placa oceánica se hunde en la continental.

Hugo Benioff

En 1965, el geólogo canadiense John Tuzo Wilson (1908-1993) postuló que la litosfera estaba dividida en secciones a las que denominó placas tectónicas, y propuso un ciclo que explicaba la apertura y cierre de los océanos, conocido como ciclo de Wilson.

John Tuzo Wilson

Reflexiona

a. ¿Cómo piensas que se construye una teoría como la tectónica de placas? Explica.
b. ¿Crees que en el futuro se logrará predecir los terremotos? Justifica tu respuesta.

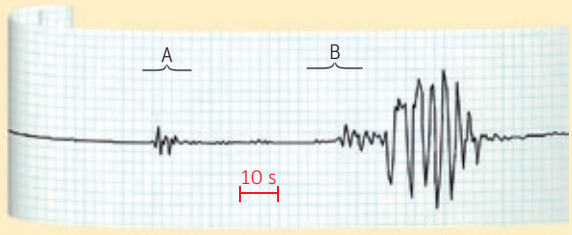
INTEGRA tus nuevos aprendizajes

Para que sepas cómo va tu proceso de aprendizaje, te invitamos a realizar las siguientes actividades.

Aprendiendo a responder

Analiza la siguiente pregunta modelada.

Carlos le pide a Lorena que observe el siguiente registro sísmico (sismograma):



A partir de la información contenida en el sismograma, Carlos pregunta lo siguiente: ¿a qué onda sísmica corresponden A y B, respectivamente? ¿Cuál es el intervalo P-S?

Las primeras ondas sísmicas en ser detectadas son las ondas P, por lo que el primer registro (A) en el sismograma corresponde a este tipo de ondas. Luego, se observa un registro secundario (B), que representa a las ondas S.

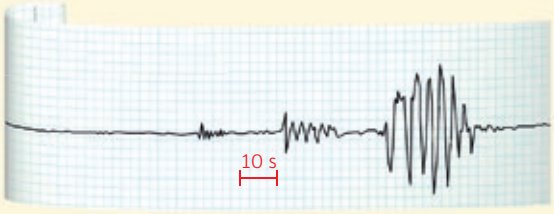
Dado que, horizontalmente, cada cuatro cuadraditos del sismograma transcurren 10 s, el intervalo P-S es de 40 s. En otras palabras, el tiempo entre la detección de la primera onda P y la onda S es de 40 s.

Ahora tú

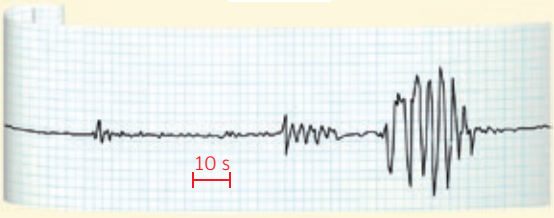
Analiza

1. Camila compara los siguientes sismogramas de dos estaciones que detectaron sismos diferentes:

Estación 1



Estación 2



Tiempo

a. Si se considera que la medida vertical de cada sismograma es la misma, ¿qué estación midió una mayor magnitud?

b. ¿Cuál fue la duración del sismo en cada caso?

Compara

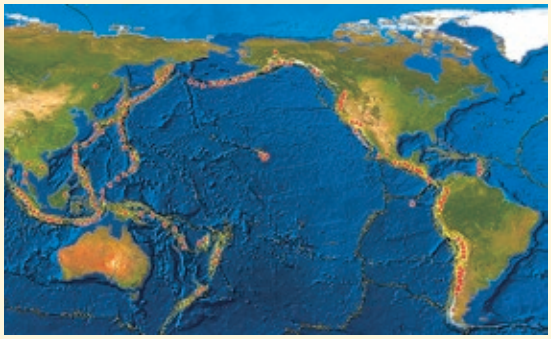
2. Juan Carlos construye la siguiente tabla para comparar las escalas sismológicas de Mercalli y de magnitud de momento.

Diferencias entre la escala de Mercalli y la escala de magnitud de momento	
Escala de Mercalli	Escala de magnitud de momento

Completa la tabla construida por Juan Carlos, señalando tres diferencias entre ambas escalas.

Explica

3. El siguiente mapa muestra el denominado "Cinturón de fuego del Pacífico". Ahí se destacan los sismos (puntos amarillos) y los volcanes (triángulos rojos).



¿Cuál es la razón que explica que en dicho "cinturón" ocurra una gran actividad geológica?

Explica

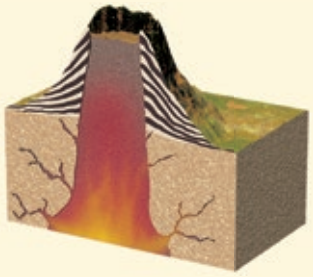
4. ¿Cómo le explicarías a un amigo la diferencia entre el epicentro y el hipocentro de un sismo?

Analiza

5. Susana sabe que después de un sismo de gran magnitud, es habitual que ocurran réplicas, las que consisten en una serie de sismos de menor magnitud dentro de la zona de ruptura. ¿Por qué piensas que suceden?

Explica

6. En la imagen se muestra la estructura interna de un volcán:



a. ¿Por qué se originan los volcanes submarinos y continentales?

b. ¿Qué ocurre en un volcán antes de producirse una erupción?

¿Cómo vas?

Revisa tus respuestas en el solucionario y según los resultados que hayas obtenido, marca con ✓ el nivel de desempeño correspondiente. Pídele ayuda de tu profesor o profesora.

Indicador	Ítems	Habilidades	Nivel de desempeño
Reconocí y expliqué las características y la forma de propagación de un sismo.	1, 2 y 4	Analizar, aplicar, evaluar, clasificar y explicar.	**L**: tres ítems correctos. ☐ **ML**: dos ítem correctos. ☐ **PL**: uno o ningún ítem correcto. ☐
Expliqué el origen de los sismos y los volcanes como una consecuencia de la tectónica de placas.	3, 5 y 6	Aplicar y crear.	**L:** tres ítems correctos. ☐ **ML:** dos ítems correctos. ☐ **PL:** uno o ningún ítem correcto. ☐
L = Logrado; **ML** = Medianamente logrado; **PL** = Por lograr			

- ¿Qué te parecieron los contenidos trabajados en esta lección? ¿Piensas que son útiles para comprender el mundo que te rodea?, ¿qué conceptos te gustaría seguir profundizando?
- ¿Qué conceptos y habilidades te resultaron más fáciles de trabajar?
- Considerando los resultados que obtuviste en la evaluación, ¿qué conceptos y habilidades piensas que debes mejorar?
- ¿Necesitas reforzar algunas de las actitudes trabajadas en las diferentes actividades de la lección? Explica.

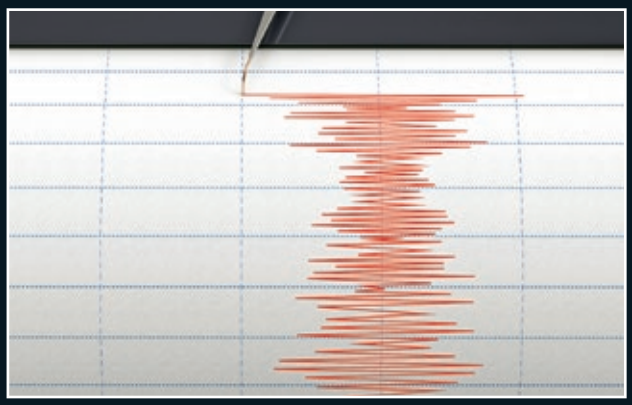
Centro SISMOLÓGICO Nacional

CIENCIA en CHILE

Durante la primera década del siglo XX, se impulsó en Chile la creación de uno de los primeros observatorios sismológicos del mundo. Este tuvo por finalidad registrar de forma sistemática los sismos. Este hecho permitió contar con uno de los mejores catálogos de sismos históricos existentes, que describe los grandes eventos desde el año 1540 hasta el presente.

La primera estación sismológica del servicio fue instalada en 1908, en el Cerro Santa Lucía. Posteriormente, se inauguraron estaciones en Tacna, Copiapó, Osorno y Punta Arenas, entre otros lugares. En 1927, el servicio sismológico pasó a depender de la Universidad de Chile, siendo parte del departamento de Geofísica de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.

En la actualidad, el servicio se llama Centro Sismológico Nacional y tiene como función proveer de información a la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior (ONEMI) y al Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA).



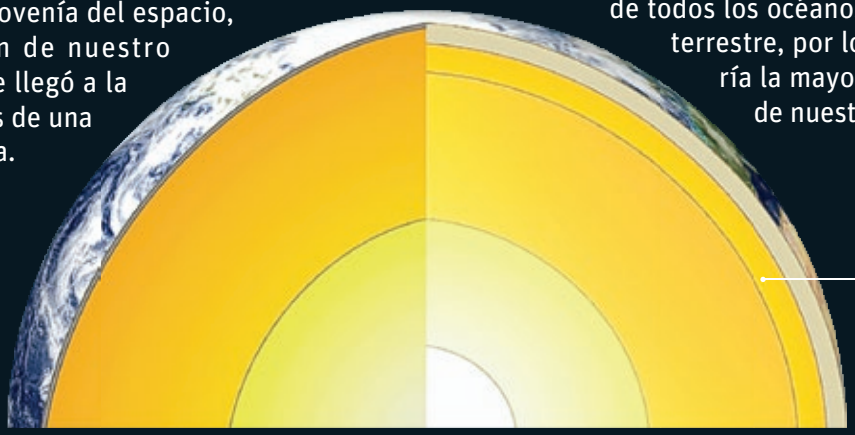
Fuente: http://www.sismologia.cl/

Un OCÉANO debajo de nuestros pies

En 1879, un asteroide que cayó cerca del estado australiano de Queensland mostró algunos posibles efectos de las altas presiones sobre ciertos minerales. Para los geólogos, esta reacción representa una evidencia indirecta de lo que podría esconderse debajo de la corteza terrestre, a centenares de kilómetros bajo nuestros pies. Tras el análisis de los restos de ese cuerpo celeste (en 1969), se identificó un mineral desconocido hasta entonces, la ringwoodita, en cuyos cristales existen radicales de hidróxido (OH), lo que es una evidencia de la presencia de agua. Recientemente, se produjo un nuevo hallazgo de ringwoodita en Brasil. Sin embargo, esta vez no provenía del espacio, sino del corazón de nuestro planeta, dado que llegó a la superficie a través de una erupción volcánica.

Los análisis de esta última muestra estarían validando la hipótesis de la presencia de agua bajo la superficie terrestre, entre los 400 y 600 km de profundidad. Al simular las condiciones ambientales a esas profundidades y compararlas con el comportamiento de ondas sísmicas, los científicos llegaron a la conclusión de que el agua que estaría presente debajo de la superficie terrestre no se encontraría en estado líquido, gaseoso o sólido, sino que en un cuarto estado, al estar atrapada por la estructura molecular de la roca del manto que contiene la ringwoodita. Finalmente, estimaron que la cantidad de esa forma acuosa sería tres veces superior a la de todos los océanos de la superficie terrestre, por lo que representaría la mayor reserva de agua de nuestro planeta.

Fuente: BBC Mundo



Sector del manto donde se piensa que se encuentra agua, atrapada en la estructura molecular de ciertas rocas.

Taladrando hacia el CENTRO DE LA TIERRA

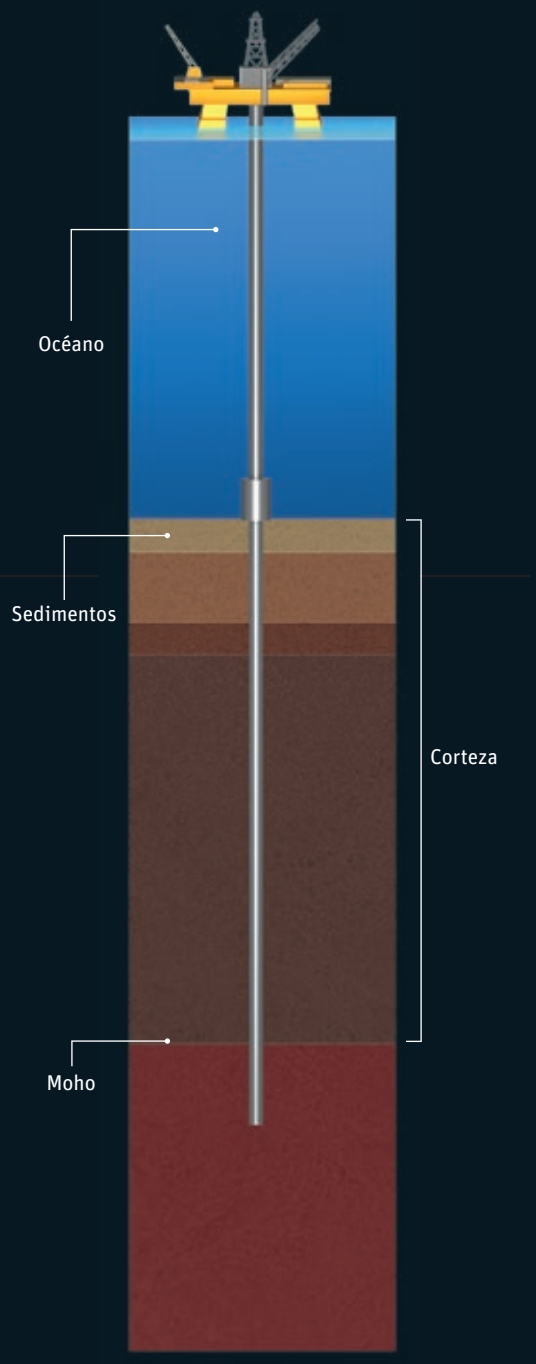
El deseo de descubrir los misterios del interior de la Tierra fue la inspiración de la novela *Viaje al centro de la Tierra* de Julio Verne, publicada en 1864. En ese tiempo no se sabía qué había bajo la superficie terrestre.

A partir de la década de 1960, se han desarrollado diferentes proyectos tendientes a obtener muestras de la corteza y, en algún momento futuro, acceder a muestras directas del manto terrestre. La única iniciativa de este tipo que se ha llevado a cabo en la corteza continental fue desarrollada en Múrmansk, Rusia, y alcanzó una profundidad de algo más de 12 kilómetros. El proyecto se canceló en 1994, pues se carecía de tecnología para seguir adelante. La perforación originada es conocida como el gran agujero de Kola y, hasta el momento, es la mayor perforación que se ha hecho en la corteza terrestre.

Actualmente, las otras perforaciones están concentradas en el fondo oceánico, pues la corteza en dicha zona, aunque más densa, es más delgada que la continental. Las muestras que se han obtenido son conocidas como "testigos" y corresponden a registros ininterrumpidos de material que permiten estudiar tanto la capa de sedimentos que la cubre, como la corteza misma, y cuyo análisis puede dar luces sobre su proceso de formación. Al mismo tiempo, cada muestra es empleada para compararla con otras provenientes de diferentes regiones. A partir de estos estudios, se pueden conocer algunos cambios climáticos que han afectado a la Tierra.

La organización a cargo de la obtención de esas muestras se llama International Ocean Discovery Program, y utiliza un barco especialmente diseñado para ello, el JOIDES Resolution, que alberga a técnicos encargados de la perforación y a un equipo multidisciplinario de científicos que analizan las muestras en un laboratorio a bordo de la embarcación.

Uno de los planes es alcanzar la discontinuidad de Mohorovicic con una perforación, para lo cual ya se ha determinado un par de lugares aptos. Alcanzar el "Moho" permitirá establecer su composición real y el estado físico en que se encuentra. Esto, a su vez, posibilitará validar, o modificar si es necesario, los modelos actuales que describen el interior de la Tierra.



Fuente: Archivo editorial

Reflexiona

Reúnanse en grupos de tres o cuatro integrantes y respondan las siguientes preguntas:

a. ¿Por qué piensan que es importante invertir en Chile en la investigación y el monitoreo sísmico? Expliquen.
b. ¿Piensan que sería posible emplear el agua existente en el manto terrestre? Expliquen.
c. ¿Se deben invertir recursos en la exploración del interior del planeta? Argumenten.

SINTETIZA tus aprendizajes

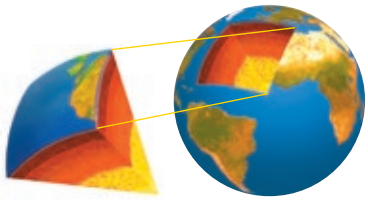
A continuación, se presenta una síntesis con las nociones esenciales, las habilidades y actitudes desarrolladas a lo largo de la unidad.

Nociones esenciales

Lección 5: La dinámica de la litosfera

La Tierra se organiza en capas

Nuestro planeta se organiza en diferentes capas, cuya densidad y temperatura aumentan a medida que se incrementa la profundidad.



Este hecho se descubrió por:

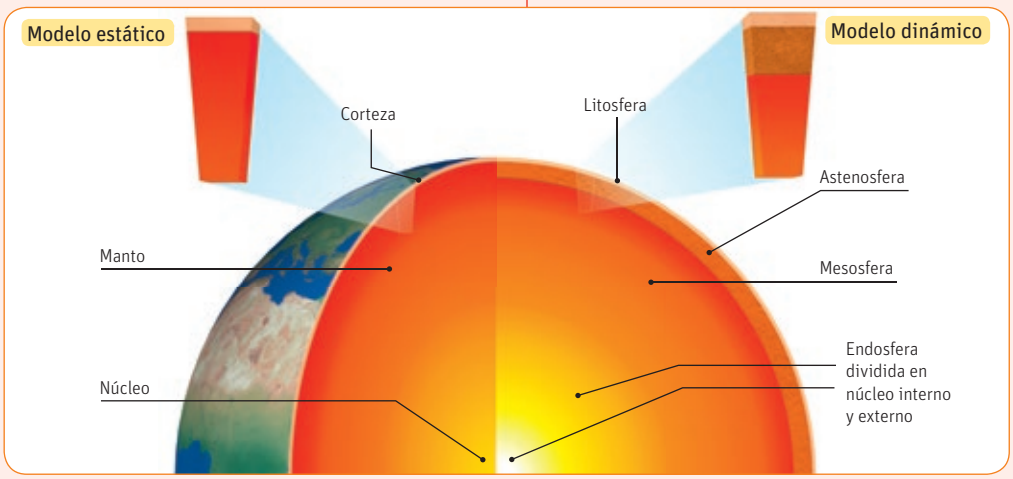
El estudio de las ondas sísmicas, ya que estas experimentaban refracción al internarse en las profundidades de la Tierra.

Los modelos que dan cuenta de las distintas capas son:

La capa externa de la Tierra, la litosfera, está fragmentada en una serie de placas conocidas como:

Placas tectónicas

El comportamiento dinámico de dichas placas es modelado por la teoría tectónica de placas.



Habilidades y actitudes

Lección 5

Habilidad

Analizar el desarrollo de alguna teoría o conceptos relacionados con las temáticas de estudio.

Actitud

Valorar la perseverancia y el rigor al desarrollar las actividades de la unidad.

Lección 6

Habilidad

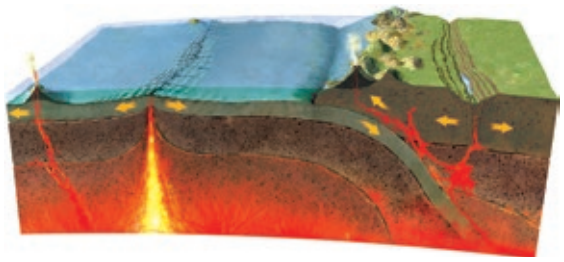
Procesar e interpretar datos y formular explicaciones, apoyándose en conceptos teóricos de nivel.

Actitud

Distinguir la importancia de las medidas de seguridad.

Lección 6: El movimiento de las placas y sus consecuencias

En los límites entre las diferentes placas tectónicas se concentra la mayor cantidad de actividad geológica.



En las cercanías de los límites entre dos placas tectónicas se generan:

Sismos

Corresponden a vibraciones de la litosfera originadas por la ruptura de una falla geológica.

Sus principales características son:

El hipocentro

Es el punto de la litosfera donde comienza el movimiento sísmico.

El epicentro

Es el lugar de la superficie ubicado directamente sobre el hipocentro.

Sus parámetros son:

La magnitud

Permite cuantificar la energía liberada por un sismo.

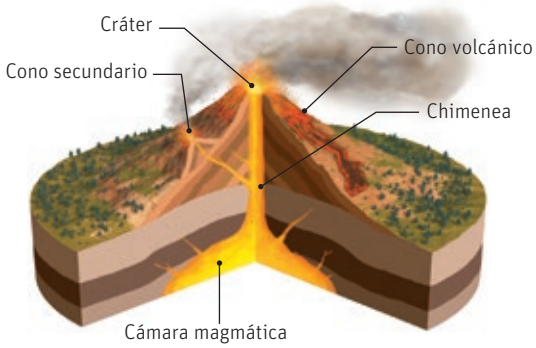
La intensidad

Permite evaluar los daños ocasionados por un sismo.

Volcanes

Son formaciones geológicas que se originan principalmente en las cercanías de los límites de las placas tectónicas (divergentes, convergentes o transformantes). Através de ellas, se expulsa magma desde el interior de la Tierra.

La estructura de un volcán típico es:



Sintetiza

Para conocer otras formas de organizar y relacionar las nociones esenciales, revisa la página 238 del anexo y completa el siguiente organizador.

El esquema sugerido es solo referencial, puedes modificarlo añadiendo todas las ramas que consideres pertinentes.

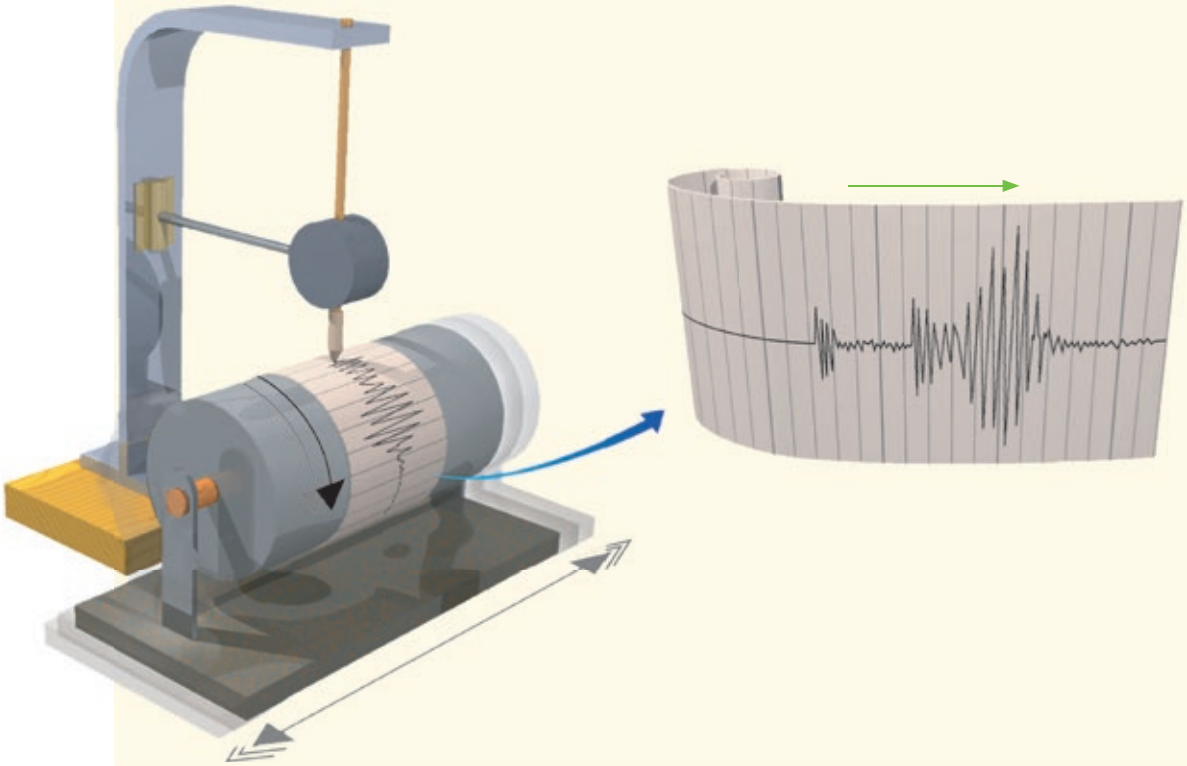
CONSOLIDA tus aprendizajes

Para que sepas cómo se han integrado tus conocimientos y habilidades, te invitamos a realizar las siguientes actividades.

Desarrolla tus conocimientos y habilidades

Lee y analiza la siguiente situación. Luego, desarrolla los procedimientos (1 al 4), que se presentan a continuación.

Francisca y Víctor investigan cómo se realiza el registro gráfico de un sismo. Dado que el tío de Francisca es sismólogo, consiguen con él un sismograma que les sirve para su análisis.

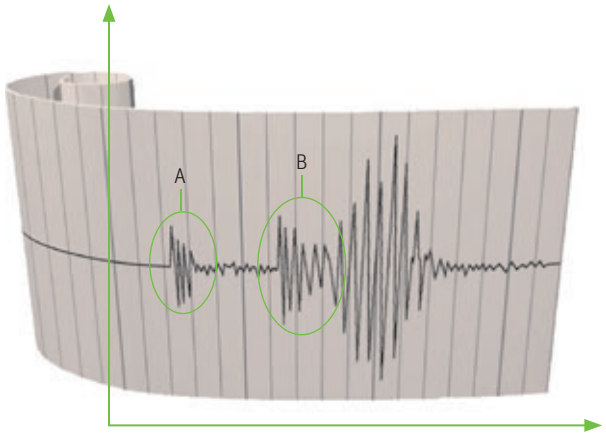


1. Explica

a. ¿Cómo funciona un sismógrafo?
b. ¿Cómo se produce un sismo y de qué manera se propaga?
c. ¿Cuáles son los parámetros de un sismo?
d. ¿Qué elementos caracterizan a un sismo?
e. ¿Qué consecuencias puede tener un sismo de gran magnitud?
f. ¿Qué medidas de seguridad se deben adoptar al producirse un sismo?

2. Analiza

El sismograma analizado por Francisca y Víctor es el siguiente:



a. ¿Qué representan el eje horizontal y el eje vertical, respectivamente?

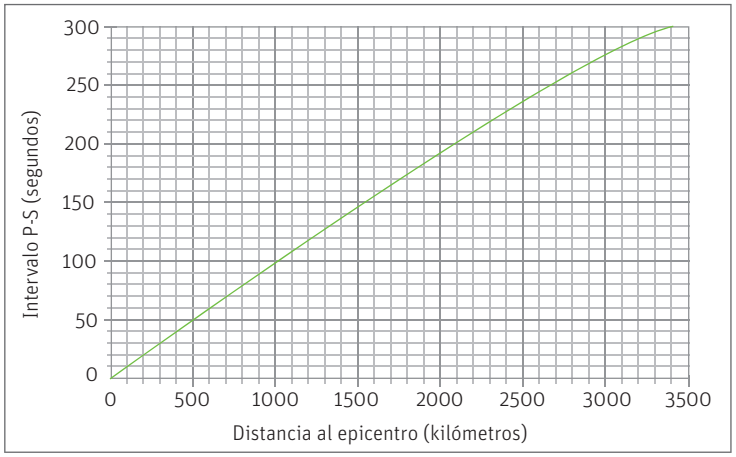
b. ¿A qué tipo de onda sísmica corresponden A y B, respectivamente?

c. Considerando que entre cada línea vertical del sismograma transcurren 10 s, ¿cuál es la duración aproximada del sismo?

d. ¿Cuál es el valor aproximado del intervalo P-S?

3. Aplica

Considerando los datos del punto anterior y empleando el siguiente gráfico, determina la distancia a la que se encuentra la estación sismológica donde se hizo el sismograma del epicentro del sismo.



4. Evalúa

a. ¿Qué escala sismológica es utilizada hoy en día para determinar la magnitud de un sismo? ¿Por qué?

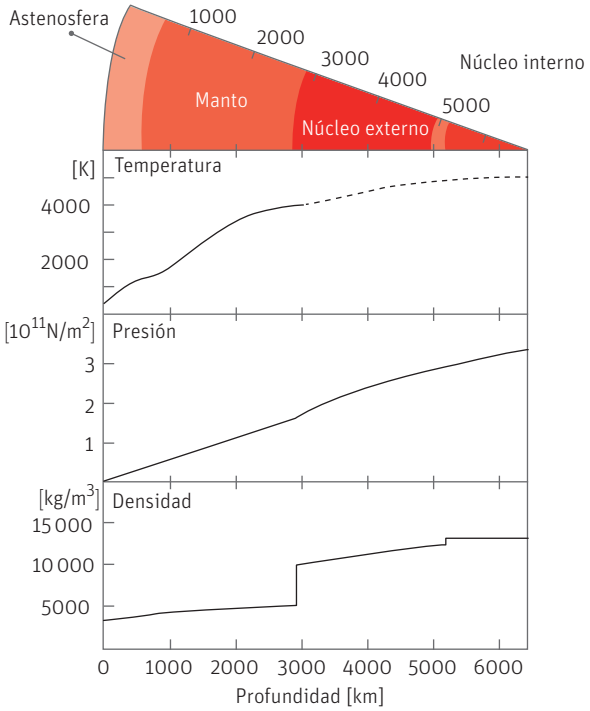
b. ¿De qué manera se pueden prevenir los efectos de un gran sismo?

Recurso digital complementario

Pon a prueba tus conocimientos y habilidades

Analiza

5. Como resultado de las investigaciones, se ha determinado que la temperatura, la presión y la densidad varían en función de la profundidad de las distintas capas de la Tierra, como se representa en los siguientes gráficos:



Respecto de la información proporcionada por ellos, responde:

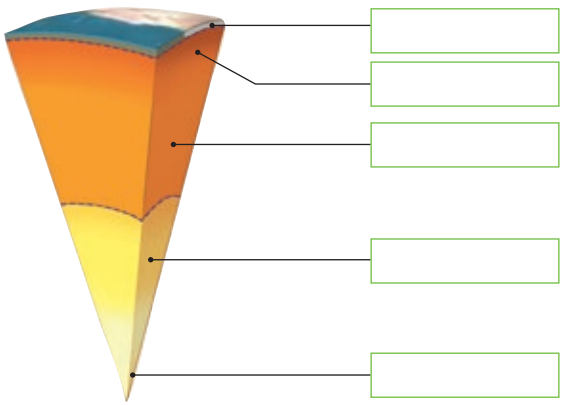
a. ¿Qué ocurre con la temperatura, la presión y la densidad de las distintas capas de la Tierra? Explica.

b. ¿Entre qué profundidades la densidad es aproximadamente constante?

c. ¿Entre qué profundidades la temperatura aumenta más lentamente?

Identifica

6. Observa la imagen inferior, que representa un corte de la Tierra, y complétala según el modelo dinámico, con los nombres de las capas que correspondan.



Analiza

7. Mediante datos satelitales se determinó que la ciudad de Concepción se desplazó tres metros hacia el oeste durante el terremoto del 27 de febrero de 2010. A partir de esta información, responde:

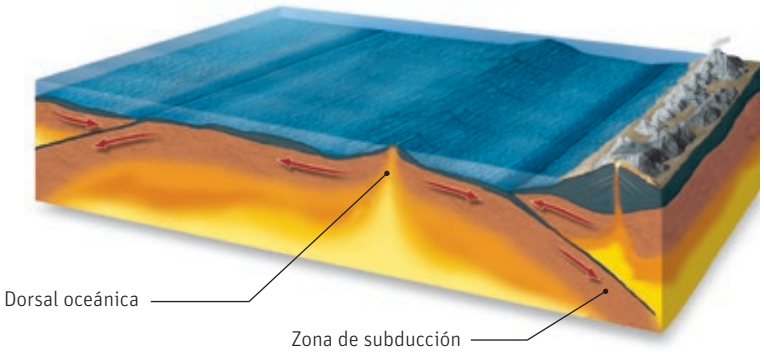
a. ¿A qué crees que se debió dicho desplazamiento?

b. Si la ciudad de Santiago también se desplazó hacia el oeste, pero solo 24 centímetros, ¿qué puedes concluir respecto de la intensidad de este terremoto en ambas localidades? Explica.

Explica

8. Para comprender cómo se originan los volcanes, Francisco analiza la siguiente imagen:

Considerando el movimiento de las placas tectónicas, explica la forma en la que se originan los volcanes en los límites convergentes y divergentes.



Para cerrar

Revisa tus respuestas en el solucionario y según los resultados que hayas obtenido, marca con ✓ el nivel de desempeño correspondiente. Pídele ayuda a tu profesor o profesora.

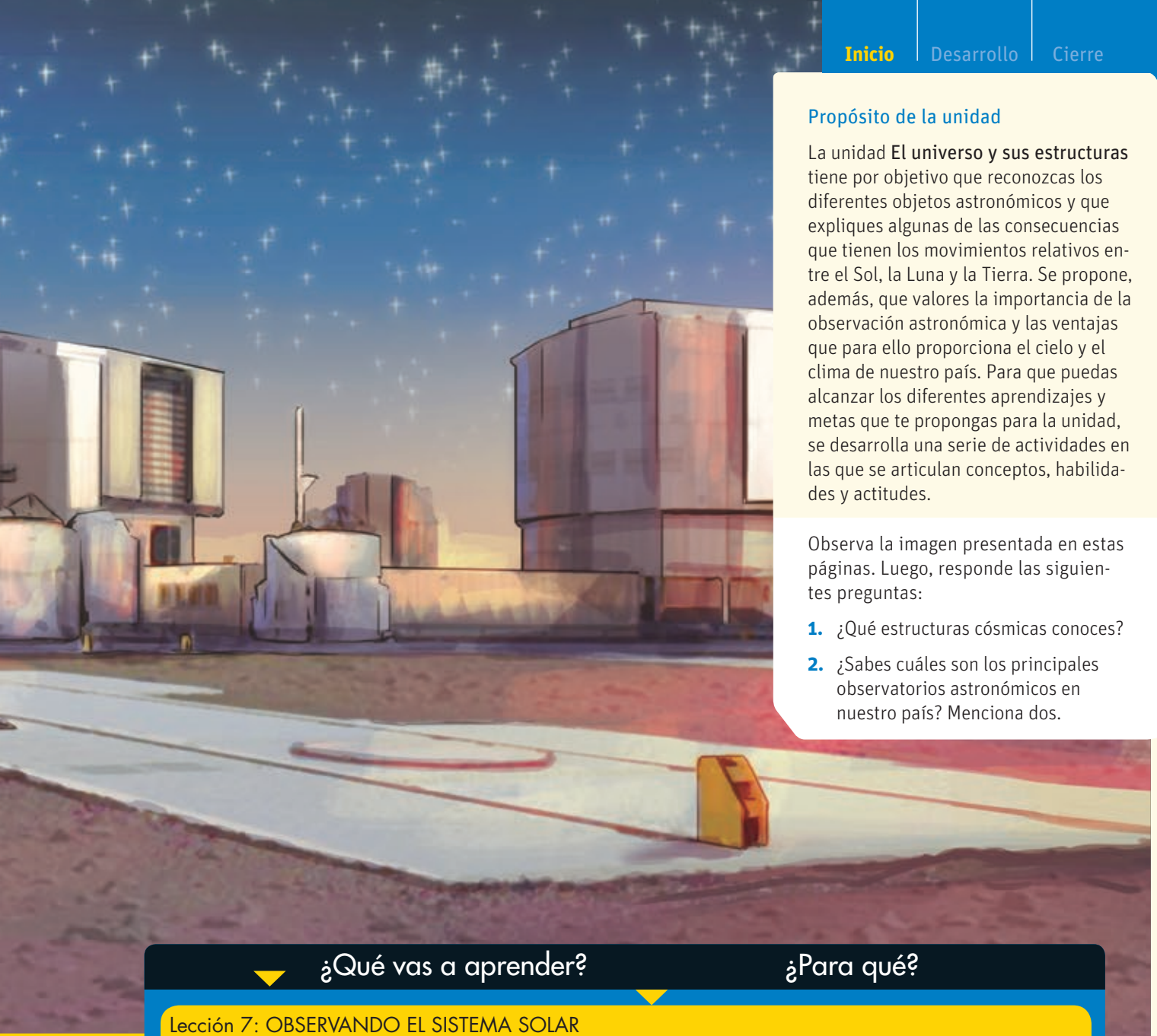
Indicador	Ítems	Habilidades	Nivel de desempeño
Identifiqué las distintas capas que conforman la estructura interna de la Tierra y analicé su comportamiento.	5 y 6	Analizar e identificar.	**L**: dos ítems correctos. ☐ **ML**: un ítem correcto. ☐ **PL**: ningún ítem correcto. ☐
Expliqué los sismos y volcanes como una consecuencia de la tectónica de placas.	7 y 8	Explicar y analizar.	**L:** dos ítems correctos. ☐ **ML:** un ítem correcto. ☐ **PL:** ningún ítem correcto. ☐
Identifiqué y analicé los parámetros, las características y los efectos de los sismos.	1 a 4	Explica, analizar, aplicar y evaluar.	**L:** cuatro o tres ítems correctos. ☐ **ML:** dos ítems correctos. ☐ **PL:** uno o ningún ítem correcto. ☐
L = Logrado; **ML** = Medianamente logrado; **PL** = Por lograr			

- ¿Qué importancia le asignas a los conceptos, habilidades y actitudes trabajados en esta unidad? Explica.
- ¿Existen conceptos que te gustaría seguir profundizando?, ¿cuál(es)?
- ¿Cumpliste con todas las metas que te propusiste al inicio de la unidad?
- Considerando que esta es la última unidad del texto, ¿qué te parecieron las distintas unidades?, ¿cuál te gustó más y por qué?
- ¿Qué actitudes piensas que lograste desarrollar a lo largo del texto?

Unidad

4 EL UNIVERSO Y SUS ESTRUCTURAS

Nuestro entorno inmediato está conformado por una gran cantidad de objetos y de seres vivos, entre los que podemos distinguir árboles, casas, animales, montañas y otros seres humanos. Pero ¿es este entorno todo nuestro universo?, ¿qué hay más allá? El universo es más grande de lo que podemos siquiera imaginar. En él, no solo está contenido nuestro entorno cercano, sino que el planeta Tierra, la Luna, el Sol, los otros planetas, las galaxias y todas las estructuras cósmicas que existen.



Propósito de la unidad

La unidad **El universo y sus estructuras** tiene por objetivo que reconozcas los diferentes objetos astronómicos y que expliques algunas de las consecuencias que tienen los movimientos relativos entre el Sol, la Luna y la Tierra. Se propone, además, que valores la importancia de la observación astronómica y las ventajas que para ello proporciona el cielo y el clima de nuestro país. Para que puedas alcanzar los diferentes aprendizajes y metas que te propongas para la unidad, se desarrolla una serie de actividades en las que se articulan conceptos, habilidades y actitudes.

Observa la imagen presentada en estas páginas. Luego, responde las siguientes preguntas:

1. ¿Qué estructuras cósmicas conoces?
2. ¿Sabes cuáles son los principales observatorios astronómicos en nuestro país? Menciona dos.

¿Qué vas a aprender?		¿Para qué?
Lección 7: OBSERVANDO EL SISTEMA SOLAR		
Noción	• Los cuerpos y objetos astronómicos que conforman nuestro sistema solar.	• Conocer cómo se estructura el sistema solar.
Habilidad	• Identificar problemas, hipótesis, inferencias y conclusiones en investigaciones científicas.	• Valorar la forma en que la ciencia desarrolla el conocimiento.
Actitud	• Manifestar interés por conocer más la realidad.	• Comprender el mundo que te rodea.
Lección 8: LA OBSERVACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS CÓSMICAS		
Noción	• Las estructuras que se encuentran más allá de nuestro sistema solar.	• Comprender y conocer nuestro universo.
Habilidad	• Planificar una investigación experimental.	• Emplear procedimientos científicos para entender la realidad.
Actitud	• Valorar la perseverancia, el rigor y la flexibilidad al desarrollar actividades.	• Alcanzar el éxito en el proceso de aprendizaje.

ACTIVA tus aprendizajes previos

Antes de comenzar el desarrollo de la unidad, explora a través de las siguientes actividades, tus ideas respecto de las temáticas que abordaremos.

¿Un nuevo planeta en el sistema solar?

El año 2006, Plutón, el que era considerado hasta entonces como el noveno planeta del sistema solar, perdió dicha categoría cuando la Unión Astronómica Internacional (UAI) propuso nuevas condiciones para considerar a un cuerpo celeste como planeta. Desde entonces, Plutón es clasificado como un planeta enano. Sin embargo, observaciones astronómicas actuales están entregando evidencias de un nuevo planeta del sistema solar. Se piensa que dicho cuerpo se encontraría más allá de la órbita de Plutón y cuyo tamaño sería similar al del planeta Neptuno (unas cuatro veces el de la Tierra) y que orbitaría a 225 mil millones de kilómetros del Sol.

Se especula que el misterioso objeto es un planeta solitario expulsado de su propio sistema solar y capturado después por la fuerza de gravedad del Sol, o, podría haberse formado cerca de nuestro Sol y, con el tiempo, haberse alejado como resultado de los encuentros gravitacionales con otros planetas. Las evidencias de la presencia de dicho planeta se han obtenido debido a los efectos gravitacionales que se han observado sobre algunos de los cuerpos presentes en los confines del sistema solar. Sin embargo, aún no hay pruebas directas de él, y se espera que en los próximos años se confirme o refute su existencia.

En la imagen se muestra una idealización del supuesto noveno planeta del sistema solar.

- ¿Qué cuerpos celestes son parte del sistema solar? Menciona todos aquellos que recuerdes.

- ¿Por qué son fundamentales las evidencias en las ciencias? Explica.

- ¿Por qué piensas que es importante conocer acerca de los diferentes cuerpos celestes que conforman nuestro sistema solar? Justifica tu respuesta.

Recurso digital complementario

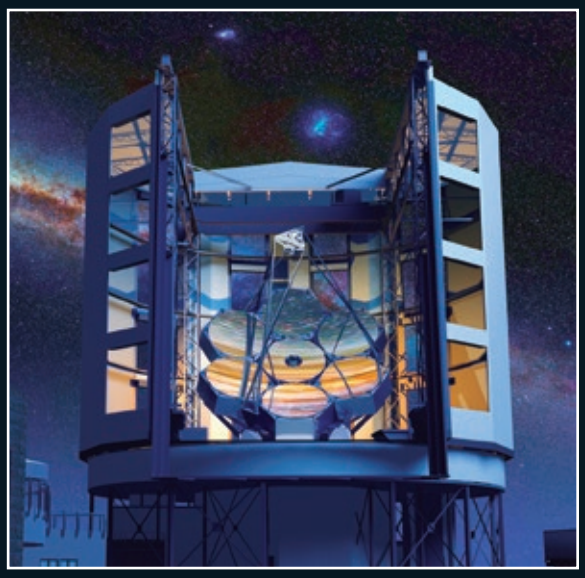
El Telescopio Gigante de Magallanes (TGM)

En el observatorio astronómico de Las Campanas en el desierto de Atacama, se ubicará uno de los telescopios reflectores más grandes e importantes del mundo, el **Telescopio Gigante de Magallanes** (TGM). Este se compondrá de siete espejos de 8,4 m de diámetros los que, en conjunto, operarán como un solo gran espejo de casi 25 m de diámetro.

Los espejos están siendo construidos en la Universidad de Arizona, y para producirlos se emplean avanzadas técnicas de pulido.

Se espera que una vez finalizado (cerca del año 2020), el telescopio tenga entre cinco a diez veces más capacidad de captación de luz que los instrumentos existentes en la actualidad.

Fuente: http://www.gmto.org/



- ¿Por qué piensas que en el norte de Chile se concentra una parte importante de actividad astronómica mundial?

Astrónoma chilena descubre un nuevo exoplaneta

En la imagen se muestra una concepción artística del planeta HD 110014c.

Con tan solo 25 años, la astrónoma Maritza Soto descubrió un planeta fuera del sistema solar (exoplaneta), el que ha sido clasificado como HD 110014c y orbita a una estrella que se encuentra a 293 años luz de la Tierra. Se presume que el planeta triplicaría la masa de Júpiter y tardaría 130 días terrestres en completar un ciclo en torno a su estrella.

- ¿Qué importancia le asignas a la observación astronómica? Explica.

Observando la Luna

Dos hermanos, Susana y Claudio, observaron la Luna durante ciertas noches del mes. Ellos notaron que la parte iluminada de la Luna cambiaba con el transcurso de los días. Para hacer un registro de sus observaciones, tomaron una serie de fotografías similares a las se muestran a continuación.

- ¿Cómo explicarías que la porción iluminada de la Luna cambie con el transcurso de los días?

- Haz un esquema que muestre la posición relativa de la Luna, la Tierra y el Sol, y que explique la porción iluminada de la Luna en las fotografías 1 y 6.

Antes de comenzar

Cada uno de nosotros tiene diferentes motivaciones, así como formas distintas de aprender. Para indagar acerca de las tuyas, responde las siguientes preguntas.

Descubre tus motivaciones

Considerando algunas de las nociones y conceptos tratados en estas páginas, ¿qué te gustaría aprender acerca de las estructuras cósmicas?, ¿por qué?

¿Qué preguntas te gustaría responder al finalizar el estudio de la presente unidad? Haz un listado.

Planifica tu trabajo

Plantea una serie de metas que te gustaría ver cumplidas al finalizar la unidad.

¿Qué estrategias de estudio piensas que te ayudarán a cumplir tus metas? Descríbelas y averigua las estrategias utilizadas por tus compañeras y compañeras.

El espacio disponible en los recuadros es solo referencial.
Si requieres más espacio, utiliza tu cuaderno.

LECCIÓN 7

OBSERVANDO EL SISTEMA SOLAR

Al mirar al cielo, los cuerpos celestes que reconocemos de forma inmediata son la Luna y el Sol. Este último corresponde a la estrella alrededor de la que orbitan todos los objetos que conforman nuestro sistema, y que incluye planetas, satélites naturales, asteroides y cometas, entre otros.

Objetivo
Recordar cuál es la estructura de la Tierra.

Habilidad
Analizar resultados.

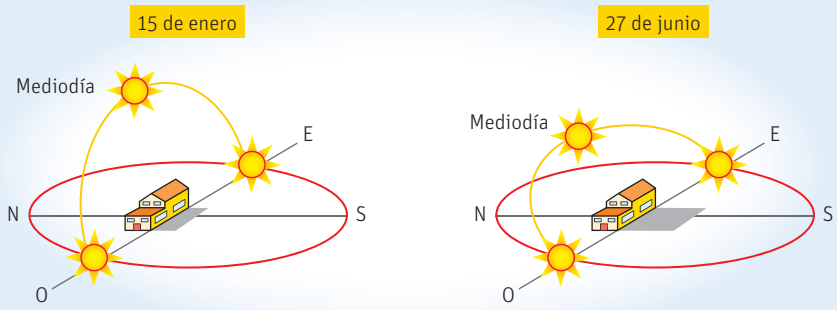
Actitud
Valorar la forma en la que la ciencia construye el conocimiento.

Tiempo
25 minutos.

Me preparo para aprender

Es importante que reconozcas aquello que sabes o piensas en relación con las temáticas que se desarrollarán en esta lección, dado que tus concepciones previas son el cimiento sobre el que se construirán los nuevos aprendizajes.

Francisca y Sebastián observaron, la trayectoria del Sol en dos momentos distintos del año. La primera observación la realizaron el día 15 de enero y la segunda el día 27 de julio. Para registrar sus observaciones, hicieron dos dibujos,similares a los que se muestran a continuación.



Respecto a los registros realizados por Francisca y Sebastián, responde:

a. ¿En qué día la trayectoria descrita por el Sol fue mayor?, ¿de qué manera se relaciona aquello con la cantidad de las horas de luz?

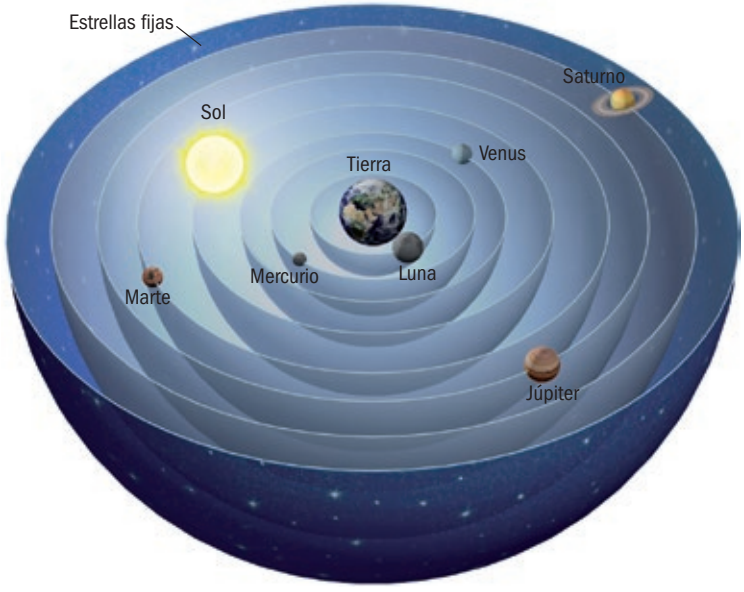
b. ¿Por qué la trayectoria que describe el Sol en el cielo varía en el transcurso del año? Propón una explicación.

c. ¿Qué importancia le atribuyes a la observación en ciencias? Fundamenta.

La observación de los cuerpos que forman parte del sistema solar

Con seguridad, en la actividad anterior pudieron inferir que la trayectoria que en apariencia describe el Sol en el cielo cambia en el transcurso del año. Esto sucede por factores como la órbita que la Tierra describe alrededor del Sol y la inclinación del eje de rotación terrestre (hechos que abordaremos más adelante). La ciencia que estudia los distintos cuerpos celestes del universo es la **astronomía.** Esta no solo se desarrolla observando las estrellas por la noche, sino que contempla la observación indirecta, el análisis de datos y la observación de los astros durante el día (**astronomía diurna**), tal como lo realizado por Francisca y Sebastián en la actividad anterior.

Antiguamente se pensaba que la Tierra era el centro del universo y de nuestro sistema solar. Según Aristóteles (384 a. C. - 322 a. C.), el universo se componía por esferas concéntricas, en las que nuestro planeta ocupaba el centro. A medida que la astronomía se fue asentando como una ciencia, la concepción que el ser humano se fue construyendo del sistema solar también lo hizo.



↑ Representación del modelo de Aristóteles.

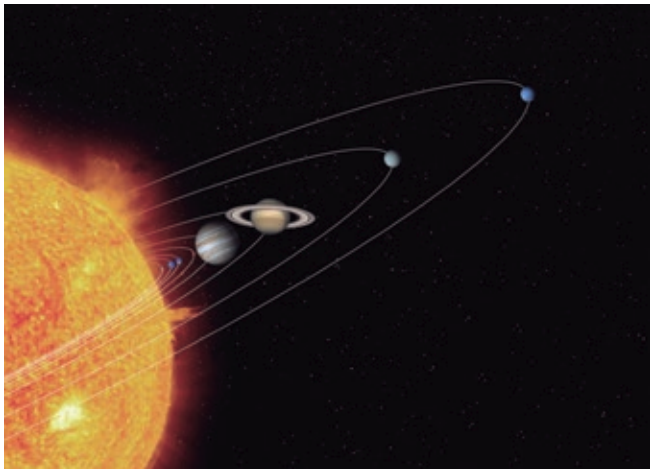
Conectando con...

Los pueblos originarios

El pueblo Mapuche también realizaba observaciones astronómicas. Por ejemplo, para ellos, Venus era Guñelve (una blanca estrella solitaria de ocho puntas), que en el kultrún aparece dibujada en lados opuestos. Los mapuches conocían muy bien el desplazamiento de este astro, a tal punto, que podían calcular con exactitud su período sinódico, el que se completa aproximadamente en 583 días.

→ Los símbolos característicos del kultrún se relaciona con su astronomía y cosmovisión.

Reúnanse en grupos de tres integrantes e investiguen cómo la observación de los astros estaba presente en otros pueblos originarios.



↑ Modelo actual del sistema solar. Es importante mencionar que las proporciones y distancias en la imagen han sido alteradas para efectos explicativos.

Investiga

Reúnanse en parejas e investiguen en diferentes fuentes de información acerca de la astronomía diurna. Una vez realizada su investigación, respondan las siguientes preguntas:

a. ¿Qué es el mediodía solar?, ¿es el mismo en las diferentes estaciones del año?
b. ¿Qué regularidades diurnas pueden ser observadas en el Sol y la Luna?
c. ¿Qué es el tránsito de Mercurio y en qué época puede ser observado?

¿Qué cuerpos celestes conforman el sistema solar?

El sistema solar está conformado por una serie de cuerpos, como planetas, satélites naturales, asteroides, cometas y otros cuerpos menores. A continuación, estudiaremos las principales características de los cuerpos celestes presentes en el sistema solar.

Los planetas terrestres o rocosos

Para que un cuerpo celeste sea clasificado como planeta, debe orbitar en torno a una estrella o a un remanente de ella; poseer una masa que le permita alcanzar un equilibrio hidrostático y, de esta manera, tener una forma esférica; y haber limpiado su vecindad de cuerpos menores, como pequeños asteroides, polvo y gas. El sistema solar está conformado por ocho planetas, de los cuales, los primeros cuatro son clasificados como **planetas terrestres** o **rocosos**, tal como veremos a continuación.

Ayuda

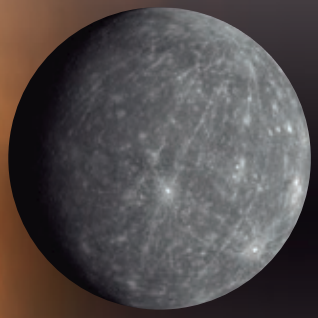
El signo menos (–) en el período orbital o de rotación indica que dicho cuerpo realiza un movimiento retrogrado, es decir, en sentido contrario al de los otros planetas.

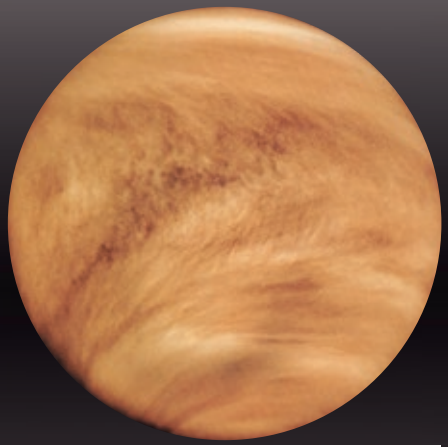
Mercurio

Es el planeta más cercano al Sol, debido a lo cual, experimenta en mayor grado los efectos de su radiación. Es un planeta rocoso con un débil campo magnético y no presenta satélites naturales.

Venus

Es el planeta más cercano a la Tierra y el segundo más próximo al Sol. Su tamaño es un poco menor que el de la Tierra y presenta una densa y hostil atmósfera, formada principalmente por nubes de dióxido de carbono, polvo y ácido sulfúrico. No posee satélites naturales.





Información de Mercurio	
Distancia media al Sol	57 894 376 km
Período orbital	≈ 88 días
Período de rotación	≈ 59 días
Diámetro	4879,4 km
Masa	$3{,}302 \cdot 10^{23}$ kg
Aceleración de gravedad en su superficie	2,78 m/s^2
Temperatura media	166 °C
Satélites naturales	0

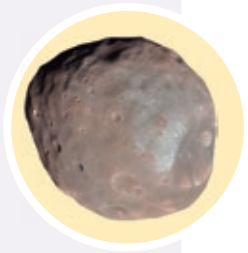
Información de Venus	
Distancia media al Sol	108 208 930 km
Período orbital	≈ 224 días
Período de rotación	≈ –243 días
Diámetro	12 103,6 km
Masa	$4{,}869 \cdot 10^{24}$ kg
Aceleración de gravedad en su superficie	8,87 m/s^2
Temperatura media	463,85 °C
Satélites naturales	0

Tierra

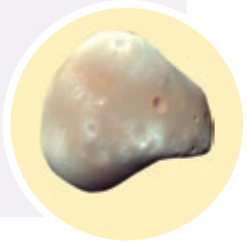
Es el tercer planeta más cercano al Sol y el único conocido que cumple con las condiciones para albergar vida (tal como la conocemos). Su distancia al Sol y la presencia de atmósfera, entre otros factores, permiten que en su superficie se encuentre el agua en estado líquido (esencial para la vida). Debido a que tiene un núcleo externo de hierro en estado líquido, presenta un campo magnético de gran intensidad, lo que permite proteger al planeta de los nocivos rayos cósmicos.
La Tierra posee un satélite natural, la Luna, la que se piensa que se originó cuando un protoplaneta, del tamaño de Marte, colisionó con nuestro planeta aún en formación.

Marte

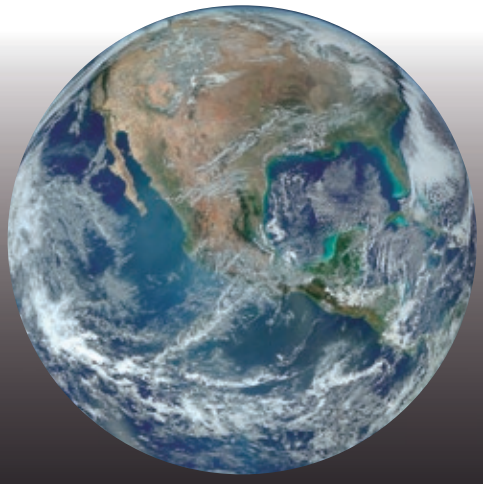
Es el cuarto planeta del sistema solar y el último de los planetas considerados rocosos. Tiene casi la mitad del tamaño de la Tierra y puede ser observado en el cielo nocturno, como una pequeña estrella de color rojo. Esto se debe a que su superficie se encuentra cubierta por óxido de hierro. Marte cuenta con dos satélites naturales: Fobos y Deimos, cuyas formas son irregulares.

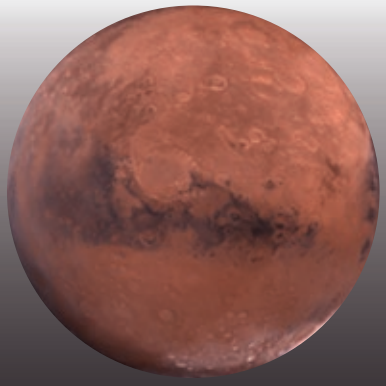


Fobos



Deimos





Información de la Tierra	
Distancia media al Sol	149 597 870 km
Período orbital	≈ 365 días
Período de rotación	≈ 24 horas
Diámetro	12 742 km
Masa	$5{,}974 \cdot 10^{24}$ kg
Aceleración de gravedad en su superficie	9,78 m/s^2
Temperatura media	14,05 °C
Satélites naturales	1

Información de Marte	
Distancia media al Sol	227 936 640 km
Período orbital	≈ 687 días
Período de rotación	≈ 25 horas
Diámetro	6794,4 km
Masa	$6{,}419 \cdot 10^{23}$ kg
Aceleración de gravedad en su superficie	3,71 m/s^2
Temperatura media	–46 °C
Satélites naturales	2

Investiga

La **terraformación** consiste en una serie de procesos y técnicas hipotéticas destinadas a alterar artificialmente las características de un planeta para hacerlo similar a la Tierra. Investiga las condiciones que debe cumplir un planeta para ser terraformado. ¿Qué desafíos técnicos y económicos implicaría terraformar Marte?

Los gigantes gaseosos o planetas jovianos

Más allá de la órbita de Marte se encuentran los planetas denominados **gigantes gaseosos** o **jovianos** (este último concepto proviene del nombre del planeta Júpiter). Los gigantes gaseosos están compuestos principalmente por hidrógeno y helio. A continuación, analizaremos las principales características de cada uno de ellos.

Júpiter

Es el quinto planeta del sistema solar y el de mayor tamaño (su volumen es cerca de 1317 veces el de la Tierra). Además, su masa es 318 veces la de nuestro planeta y se piensa que posee un núcleo sólido compuesto por roca y hierro. Al igual que la Tierra, también tiene un campo magnético, pero su intensidad es 20 000 veces el de la Tierra. Júpiter posee 67 satélites naturales conocidos, siendo los principales Ío, Europa, Ganímedes y Calisto.

Información de Júpiter	
Distancia media al Sol	778 412 026 km
Período orbital	≈ 12 años
Período de rotación	≈ 10 horas
Diámetro	142 984 km
Masa	$1{,}899 \cdot 10^{27}$ kg
Aceleración de gravedad en su superficie	24,79 m/s^2
Temperatura media	–121,15 °C
Satélites naturales	67

Compara

En relación con los planetas estudiados hasta el momento, responde:

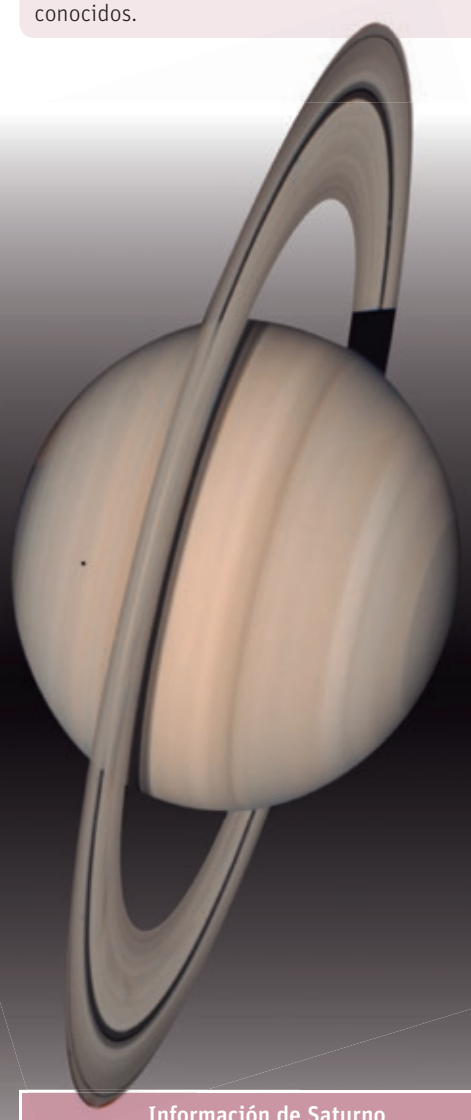
a. ¿Cuántas veces es mayor la aceleración de gravedad en la superficie de Júpiter que en la de la Tierra?

b. ¿En qué planeta la duración del día es similar a la de la Tierra?

c. Si Venus está más lejos del Sol que Mercurio, ¿por qué su temperatura media es mayor?

Saturno

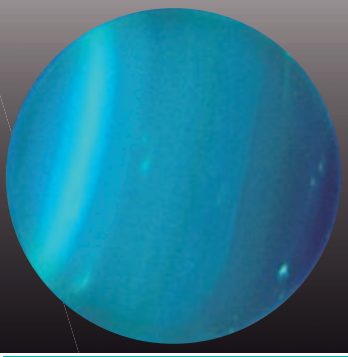
Es el sexto planeta y el segundo más grande del sistema solar. Es fácilmente reconocible por sus espectaculares anillos, descubiertos en 1659 por Christian Huygens, los cuales están formados por partículas de polvo y hielo. Saturno posee 62 satélites naturales conocidos.



Información de Saturno	
Distancia media al Sol	$1{,}4267 \cdot 10^9$ km
Período orbital	≈ 29 años
Período de rotación	≈ 10 horas
Diámetro	120 536 km
Masa	$5{,}688 \cdot 10^{26}$ km
Aceleración de gravedad en su superficie	10,44 m/s^2
Temperatura media	–130 °C
Satélites naturales	62

Urano

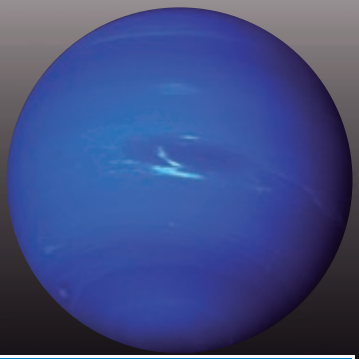
Es el séptimo planeta desde el Sol y el tercero en tamaño. Fue descubierto por William Herschel en 1781. Al igual que Saturno, Urano posee un sistema de anillos, pero más difusos. Tiene un total de 27 satélites naturales.



Información de Urano	
Distancia media al Sol	$2{,}871 \cdot 10^9$ km
Período orbital	≈ 84,01 años
Período de rotación	≈ –17 horas
Diámetro	51 188 km
Masa	$6{,}686 \cdot 10^{25}$ kg
Aceleración de gravedad en su superficie	8,69 m/s^2
Temperatura media	–205,2 °C
Satélites naturales	27

Neptuno

Es el octavo y, hasta ahora, el último planeta del sistema solar. La existencia de Neptuno fue predicha debido a perturbaciones gravitacionales en la órbita de Urano y fue descubierto en 1846. Posee 14 satélites naturales conocidos.



Información de Neptuno	
Distancia media al Sol	$4{,}498 \cdot 10^9$ km
Período orbital	≈ 165 años
Período de rotación	≈ 16 horas
Diámetro	49 572 km
Masa	$1{,}024 \cdot 10^{26}$ kg
Aceleración de gravedad en su superficie	11,18 m/s^2
Temperatura media	–220 °C
Satélites naturales	14

Explica e investiga

En la imagen se muestra la aurora boreal producida en el polo norte de Júpiter (al igual que las que se originan en los polos de nuestro planeta). Investiga y explica por qué se originan.

Los planetas enanos

Para la Unión Astronómica Internacional (UAI), un **planeta enano** corresponde a un cuerpo celeste que cumple con las siguientes condiciones:

- Orbitar en torno a una estrella o a un remanente de una.
- Haber alcanzado equilibrio hidrostático, adquiriendo con ello una forma casi esférica.
- No ser un satélite de otro planeta.
- No haber limpiado su vecindad de cuerpos menores como polvo, gas y pequeños asteroides.

Hasta el momento, existe consenso respecto de cinco cuerpos del sistema solar que son considerados planetas enanos: Ceres, Plutón, Eris, Makemake y Haumea. Sin embargo, existe un gran número de cuerpos que son candidatos a ser considerados como uno de ellos. A continuación, se presentan algunas características de los planetas enanos.

Ayuda

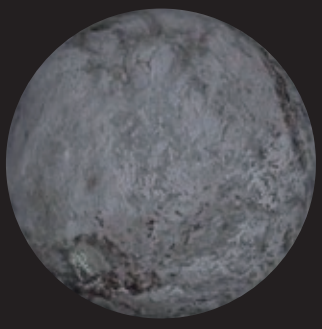
El cinturón de Kuiper corresponde a una región situada más allá del planeta Neptuno y desde donde proceden la mayor parte de los cometas. En esta región también se ubican una serie de planetas enanos.

Ceres

Se encuentra en el cinturón de asteroides, entre las órbitas de los planetas Marte y Júpiter. Su diámetro es de aproximadamente 952 km.

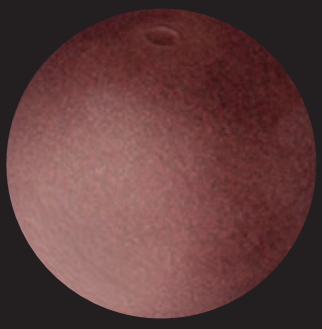
Plutón

Durante varias décadas fue considerado el noveno planeta del sistema solar. Plutón se encuentra más allá de la órbita de Neptuno, en el cinturón de Kuiper, su diámetro es de 2370 km.



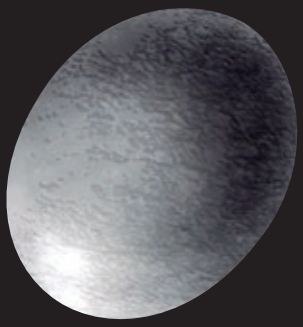
Eris

Se encuentra en el cinturón de Kuiper y posee un diámetro aproximado de 2320 km.



Makemake

También se encuentra en el cinturón de Kuiper. Se estima que su diámetro es de 1300 km.

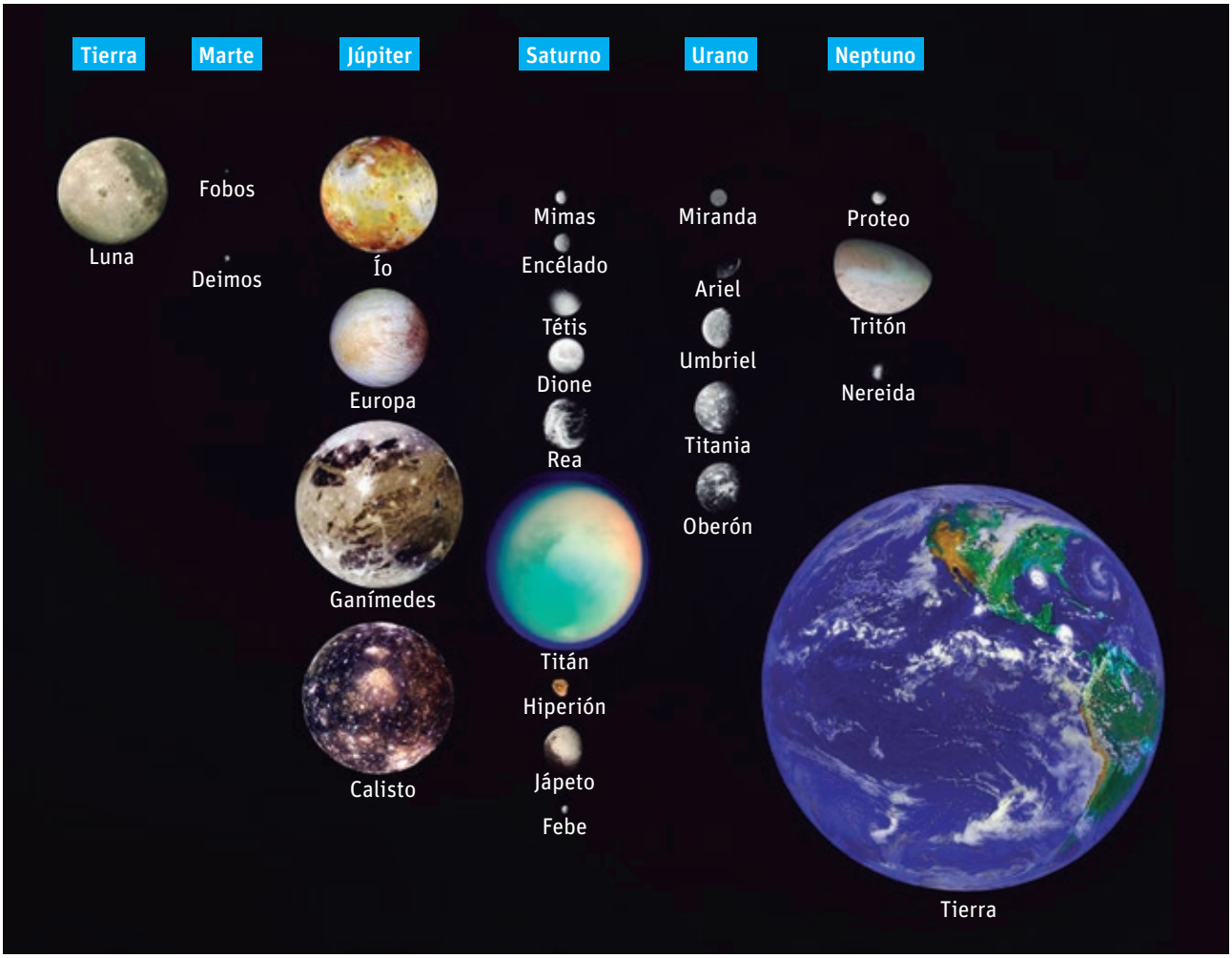


Haumea

Planeta enano situado en el cinturón de Kuiper. Sus dimensiones son 1300-1900 hm.

Los principales satélites naturales del sistema solar

Los **satélites naturales** corresponden a cuerpos celestes que orbitan en torno a un planeta (de manera similar a como los planetas se mueven alrededor del Sol). Estos poseen una masa y un tamaño inferior a la del planeta que orbitan. En la siguiente imagen, se muestran los principales satélites naturales del sistema solar. Su tamaño está representado en relación con el de la Tierra.



Investiga

En relación con los satélites del sistema solar, investiga lo siguiente:

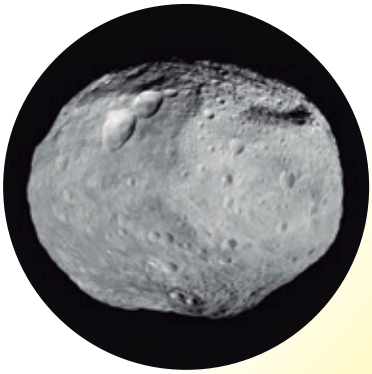
a. ¿Qué satélite del sistema solar presenta una actividad volcánica considerable? ¿Son similares dichos volcanes a los que hay en la Tierra? Explica.

b. ¿Bajo la superficie de qué satélite del sistema solar se piensa que existe un océano de agua líquida? ¿Podría existir vida en él? Fundamenta.

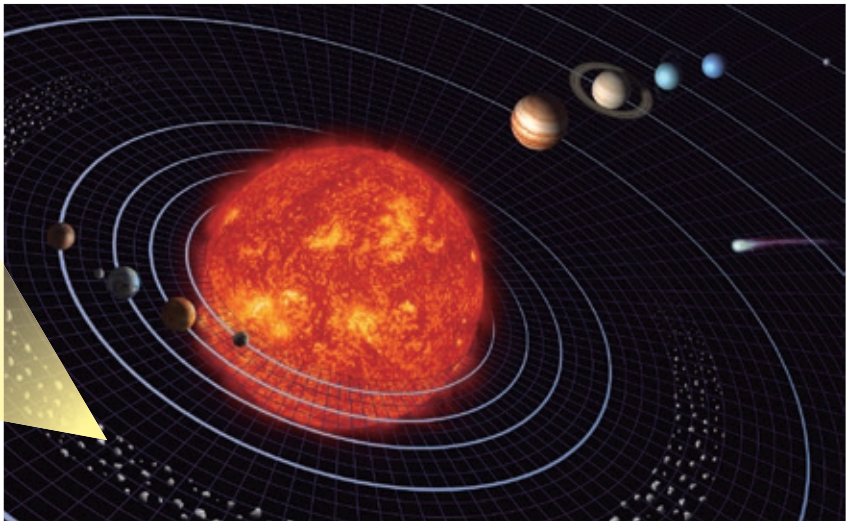
c. ¿Qué satélite natural presenta una atmósfera muy densa? ¿Qué otras características importantes posee dicho satélite?

Los asteroides y cometas

Los **asteroides** son fragmentos de roca y metal de variados tamaños y formas. En el sistema solar, la gran mayoría de ellos se encuentran en una región comprendida entre las órbitas de los planetas Marte y Júpiter, conocida como el **cinturón de asteroides**.



En la imagen se muestra el asteroide (4) Vesta, que es uno de los mayores cuerpos del cinturón de asteroides.



En la imagen se representa el cinturón de asteroides. Es importante mencionar que las escalas y los tamaños de los cuerpos representados han sido modificados para efectos explicativos.

También existe una gran cantidad de asteroides cerca de la órbita del planeta Júpiter, los cuales son conocidos como **asteroides troyanos**. El origen de los asteroides se remonta al inicio del sistema solar, ya que estos pueden ser considerados la materia remanente de la formación de los planetas y satélites de nuestro sistema.

Los **cometas** son cuerpos celestes que se encuentran compuestos por hielo, polvo, gases e incluso moléculas orgánicas. Los cometas orbitan en torno al Sol y proceden del cinturón de Kuiper o mucho más allá, de la nube de Oort. Cuando un cometa se acerca al Sol, el hielo de su superficie sublima y se forma una espectacular cola (siempre opuesta al Sol).

Investiga y describe

En relación con los cometas y asteroides, investiga:

a. ¿Qué consecuencias podría tener en nuestro planeta el impacto de un asteroide o cometa? Describe.

b. ¿Existen evidencias de impactos de asteroides en la Tierra?, ¿dónde?

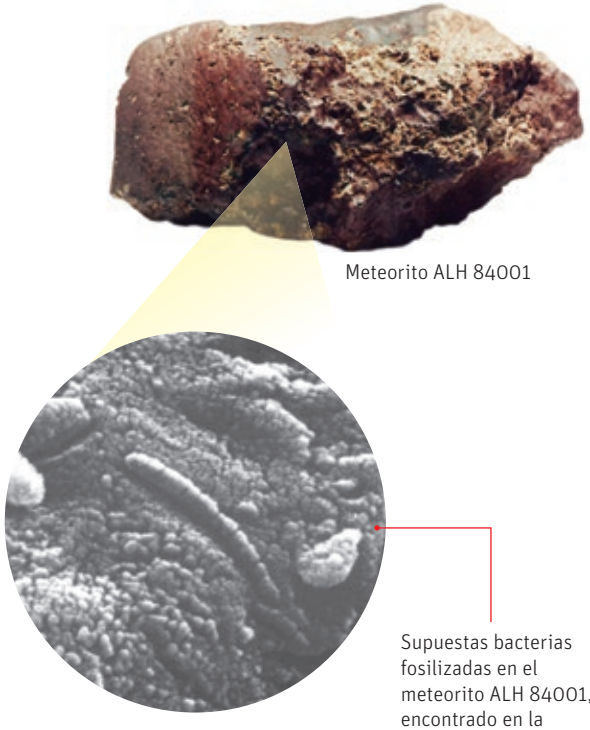
c. ¿Cuál es la probabilidad del impacto de un gran asteroide o cometa sobre nuestro planeta? Investiga.

Los meteoritos

Es habitual pensar que asteroides y **meteoros** son sinónimos. Sin embargo, estos últimos corresponden a cuerpos de hielo, polvo o roca que atraviesan la atmósfera de nuestro planeta. Cuando esto ocurre, se desintegran e incineran producto del roce con los gases atmosféricos. Por esta razón, los meteoros son conocidos también como **estrellas fugaces**. Cuando un meteoro se caracteriza por ser una bola de fuego muy brillante y deja tras de sí una estela luminosa, se le denomina **bólido**.

Si un meteoro no alcanza a desintegrarse y parte de él llega a la superficie terrestre, es denominado **meteorito**.

En el año 1984, un meteorito procedente del planeta Marte, el ALH 84001, fue recuperado en la superficie de la Antártida. Pero ¿cómo se puede asegurar que un meteorito procede del planeta Marte? Análisis de este cuerpo arrojaron evidencias que tanto, su composición mineral como restos de gases atmosféricos atrapados en intersticios microscópicos, coincidían con las características de la superficie y la atmósfera del planeta Marte. ¿Qué hace diferente al meteorito ALH 84001? Durante décadas ha existido la controversia respecto de si este contiene o no evidencia fósil, de vida en Marte. Sin embargo, hasta el día de hoy dicha evidencia aún no es concluyente.



Meteorito ALH 84001

Supuestas bacterias fosilizadas en el meteorito ALH 84001, encontrado en la Antártida.

Ciencia, tecnología y sociedad

La panspermia

La panspermia corresponde a una hipótesis que establece que la vida puede tener su origen en cualquier lugar del universo y, desde ahí, ser diseminada a otros regiones del cosmos.

Según esta hipótesis, la vida que existe hoy en nuestro planeta pudo surgir en otro sistema de la galaxia y haber sido transportada a la Tierra mediante un cometa o un asteroide. Pero ¿qué evidencias existen de la panspermia? En muchos cuerpos celestes han sido encontradas moléculas orgánicas, las que son la base para las diferentes formas de vida tal como las conocemos. Además, en la Tierra existen bacterias que pueden tolerar condiciones extremas y aún así permanecer vivas. Un caso de vida en nuestro planeta que puede sobrevivir un viaje espacial son los tartígrados, comúnmente conocidos como ositos de agua. Estos pueden soportar el vacío del espacio, temperaturas cercanas al cero absoluto (-273 ºC), radiaciones ionizantes y, de todos modos, sobrevivir. En el año 2007, un grupo de tartígrados fue enviado al espacio y no solo sobrevivieron, sino que mantuvieron su capacidad reproductiva.

En la imagen se muestra un tartígrado.

¿Piensan que la vida en la Tierra pudo haber surgido en otro lugar del cosmos? Debatan.

Los movimientos de la Tierra y de la Luna, y sus consecuencias

La Tierra, como los demás planetas del sistema solar, realiza diferentes tipos de movimientos. Los más importantes son el de **rotación** y el de **traslación**. Para indagar acerca de estos movimientos, reúnanse en parejas y realicen la siguiente actividad.

Actividad

Objetivo
Registrar ideas previas respecto de las consecuencias de los movimientos de rotación y traslación de la Tierra.

Habilidad
Explicar en forma escrita.

Actitud
Valorar el conocimiento.

Tiempo
15 minutos.

La rotación y la traslación de la Tierra

La rotación y la traslación son movimientos de nuestro planeta que tienen una serie de consecuencias. Respecto de esto último, respondan:

a. ¿Qué fenómeno(s) se originan por el movimiento de rotación de nuestro planeta? Mencionen todos aquellos que recuerden.

b. ¿Qué consecuencias produce el movimiento de traslación de nuestro planeta?

c. ¿Por qué es importante conocer acerca de los movimientos que realiza nuestro planeta? Expliquen.

El movimiento de rotación

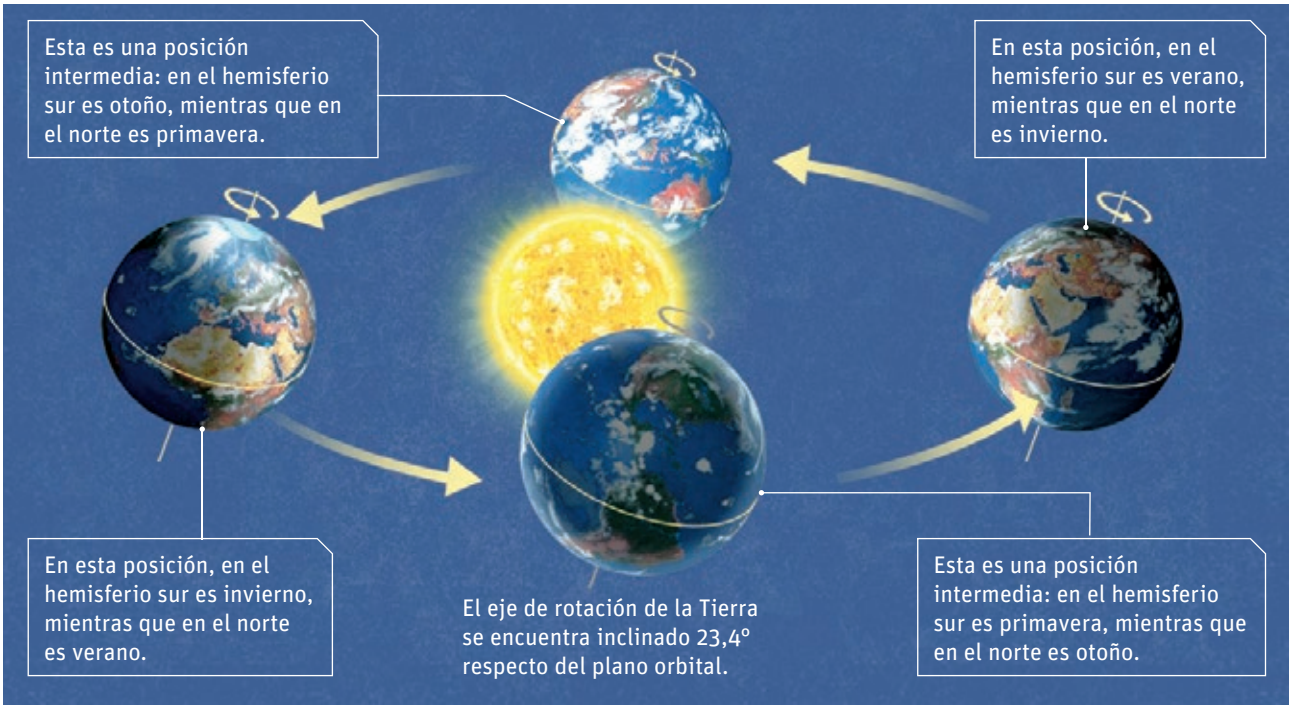
La rotación de la Tierra corresponde al movimiento que realiza el planeta en torno a su propio eje, el que se encuentra inclinado 23,4° respecto del plano orbital. El período del movimiento de rotación es de 23 horas, 56 minutos y 4 segundos y tendría su origen en la formación misma de nuestro planeta, después de la colisión de la Tierra con el planetoide que originó la Luna.

Como consecuencia de este movimiento y de la opacidad y esfericidad de la Tierra, se produce la sucesión del día y la noche. A su vez, esto determina el tiempo de exposición terrestre a la radiación solar directa, lo que genera una serie de procesos necesarios para la vida.

El sentido de movimiento de rotación es opuesto al de las manecillas de un reloj. Debido a esto, podemos observar en gran parte de Chile que el Sol sale por sobre la cordillera de los Andes.

El movimiento de traslación

El movimiento de traslación corresponde al que efectúa la Tierra alrededor del Sol en un período de 365 días, 5 horas y 57 minutos. Este movimiento, combinado con la inclinación del eje de rotación terrestre, origina la alternancia de las estaciones del año. Es habitual pensar que las estaciones del año se deben a que la trayectoria de nuestro planeta en torno al Sol es una elipse. Esto es un error, ya que la excentricidad de dicha elipse es muy baja, siendo la órbita terrestre casi una circunferencia. En el siguiente esquema se explica la alternancia de las estaciones del año.

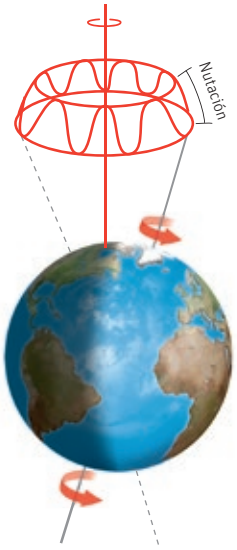


Otros movimientos que efectúa nuestro planeta

La Tierra realiza otros movimientos, como el de **precesión** y el de **nutación**, los que tienen consecuencias en el equilibrio planetario, tal como veremos a continuación.

El movimiento de precesión es un balanceo del eje de rotación de la Tierra, similar al que efectúa un trompo. Esto se debe a que nuestro planeta no es una esfera perfecta, sino un geoide. El tiempo en el que demora en moverse el eje de rotación terrestre mediante la precesión es de 25 776 años y genera, como consecuencia, alteraciones progresivas y cíclicas del clima terrestre.

El movimiento de nutación es una oscilación periódica que realiza el eje de rotación de la Tierra superpuesto al movimiento de precesión. Es un movimiento similar al de un trompo que ha perdido energía de rotación y está a punto de caer. La nutación del eje de rotación terrestre tiene su origen en la atracción gravitatoria del Sol y la Luna sobre la Tierra.



Aprendiendo a modelar fenómenos

Modelando un eclipse

Objetivo
Modelar los eclipses de Sol y de Luna.

¿Qué conceptos ya estudiados debo conocer para realizar el taller?

Habilidad
Emplear modelos para apoyar explicaciones.

Actitud
Mostrar interés por conocer los fenómenos naturales.

Tiempo
60 minutos.

Un eclipse es un fenómeno astronómico en el cual la luz procedente de un cuerpo celeste es bloqueada (total o parcialmente) por otro. En el caso del sistema formado por el Sol, la Tierra y la Luna, un eclipse se origina cuando la Tierra se ubica entre el Sol y la Luna, o bien la Luna se sitúa entre el Sol y la Tierra. Para comprender cómo se produce un eclipse, los invitamos a construir el siguiente modelo. Es importante tener presente que el modelo que construirán no se encuentra a escala, por lo que las distancias y tamaños son solo referenciales.

Paso 1 Procedimiento

Reúnan los siguientes materiales: dos esferas de plumavit®, una de cerca de 15 cm de diámetro y otra de 4 cm; una linterna, dos pinchos y dos trozos de plumavit® para utilizarlos como bases.

Atraviesen la esfera de mayor diámetro con uno de los pinchos. Luego, ubíquenla sobre la base de plumavit®, tal como se muestra en la imagen.

Atraviesen la esfera de menor diámetro con el otro pincho y ubíquenla sobre la base de plumavit®. Observen la imagen.

Sitúen ambas esferas separadas por unos 30 cm, tal como se muestra en la imagen.

Paso 2

Aplicación y práctica

Para modelar los diferentes tipos de eclipses, realicen el siguiente procedimiento:

Iluminen la esfera pequeña (que representa a la Luna). Observen de qué manera se proyecta su sombra sobre la esfera de mayor tamaño (Tierra).

Inviertan el orden en el que están dispuestas las esferas. Ahora, iluminen la esfera de mayor tamaño y observen cómo su sombra se proyecta sobre la esfera pequeña.

En relación con la experiencia realizada, respondan:

a. ¿Qué tipo de eclipse se representó en cada una de las situaciones?
b. ¿Cuál es la diferencia entre un eclipse solar y uno lunar?
c. En el modelo que representó el eclipse solar, ¿fue posible distinguir en la sombra las regiones de umbra y de penumbra?
d. ¿Se producirían los eclipses si el Sol, la Tierra y la Luna se encontraran desalineados y en una posición fija? Explica.
e. ¿Qué rol piensas que desempeña la atmósfera terrestre en un eclipse lunar? Propón una explicación y luego investiga.

Desafío

Reúnanse en grupos de tres o cuatro integrantes y diseñen un experimento que les permita demostrar por qué es posible que en una misma fecha sea invierno y verano en diferentes lugares de la Tierra. Para su proyecto, consideren las siguientes etapas:

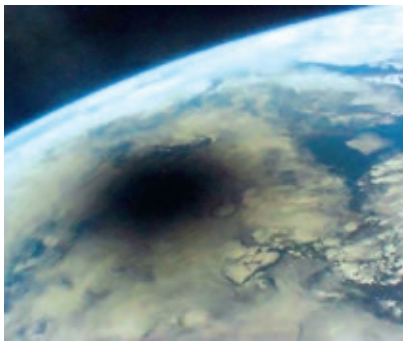
- **Planificación:** deben reunir información acerca de cómo y debido a qué se producen las estaciones del año, realizar esquemas, considerar los materiales que utilizarán y distribuirse las tareas entre los integrantes del grupo.
- **Ejecución:** en esta etapa deben materializar el proyecto considerando todos los puntos señalados en la planificación.

En relación con el experimento diseñado, respondan:

a. En diciembre, en la región ártica cercana al polo norte no sale el Sol y es de noche durante seis meses. Sin embargo, en el polo sur el Sol no se pone en un período similar. ¿Cómo es esto posible?
b. ¿Qué es el fenómeno del Sol de medianoche? Investiguen.

Los eclipses

Una consecuencia del movimiento de la Luna alrededor de la Tierra y de esta en torno al Sol son los eclipses. Como seguramente observaste en la actividad anterior, un eclipse se origina cuando, debido al movimiento de estos cuerpos celestes, se produce una alineación relativa entre ellos. Es decir, la Luna se sitúa entre el Sol y la Tierra, o la Tierra se ubica entre el Sol y la Luna.

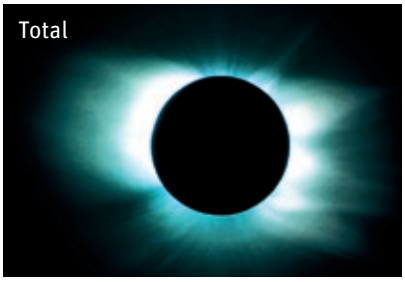


Un eclipse de Sol visto desde el espacio. En la imagen es posible distinguir la zona de umbra y penumbra.

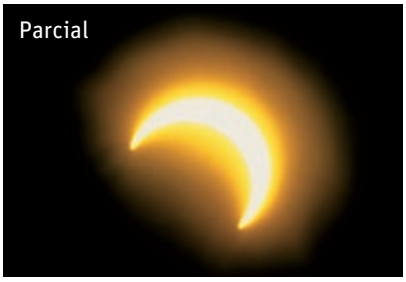
Eclipse de Sol

El **eclipse de Sol** se produce cuando parte de la luz proveniente de este astro es bloqueada por la presencia de la Luna. Esto genera una zona de sombra sobre la superficie de la Tierra. El fenómeno se explica en detalle en el siguiente esquema:

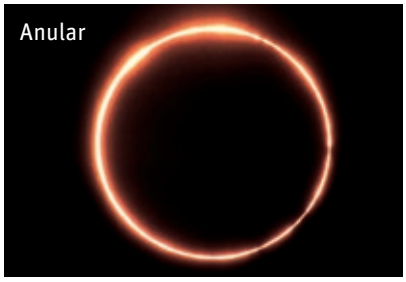
Dependiendo de la distancia relativa entre la Luna y la Tierra, de la posición de un observador en tierra o de la alineación entre el Sol, la Luna y la Tierra, se pueden producir los siguientes tipos de eclipses de Sol.



Ocurre cuando la Luna cubre totalmente el Sol (observado desde la zona de umbra). En el cono de penumbra se observará un eclipse parcial. Los eclipses totales constituyen una oportunidad excepcional para estudiar la corona solar.



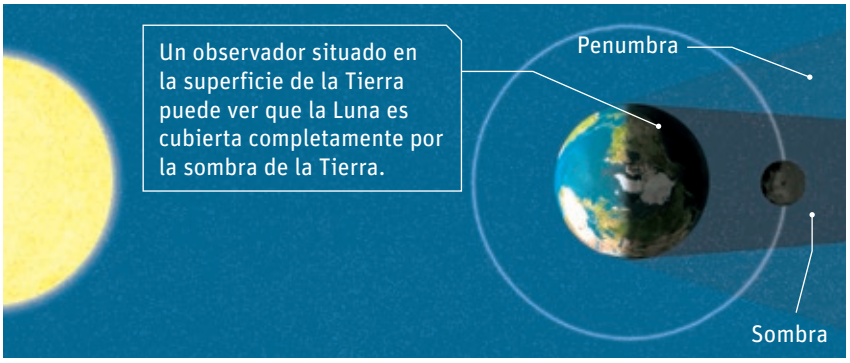
Se origina cuando el disco lunar no cubre completamente el Sol. Debido a ello, se observa que su apariencia es la de "un Sol creciente".



Se produce cuando el diámetro del disco lunar es menor que el del disco solar. Debido a ello, la Luna no alcanza a cubrir completamente el Sol. Este fenómeno sucede cuando la Luna está cerca de su punto de apogeo, es decir, cuando se encuentra más lejos de la Tierra.

Eclipse de Luna

El **eclipse de Luna** (o lunar) ocurre cuando la Tierra se sitúa entre el Sol y la Luna. Para que este fenómeno sea apreciado, los tres cuerpos celestes deben estar perfectamente alineados. Al observar un eclipse de Luna desde nuestro planeta, se puede ver que esta adquiere una tonalidad rojiza, lo que se debe a la refracción de la luz solar en la atmósfera terrestre. Si no existiera la atmósfera, la Luna sería ocultada por la sombra de la Tierra y, aparentemente, desaparecería.



Según las condiciones de la alineación del Sol, la Tierra y la Luna, un eclipse lunar se puede clasificar como **total**, **parcial** o **penumbral**. Durante un eclipse total, la Luna está completamente dentro del cono de sombra proyectada por el planeta y es observada desde la Tierra con una tonalidad rojiza. Si solo una parte de la Luna queda dentro del cono de sombra, entonces se produce un eclipse parcial. Por último, si la Luna se encuentra ubicada dentro de la región de penumbra, el eclipse originado es penumbral.

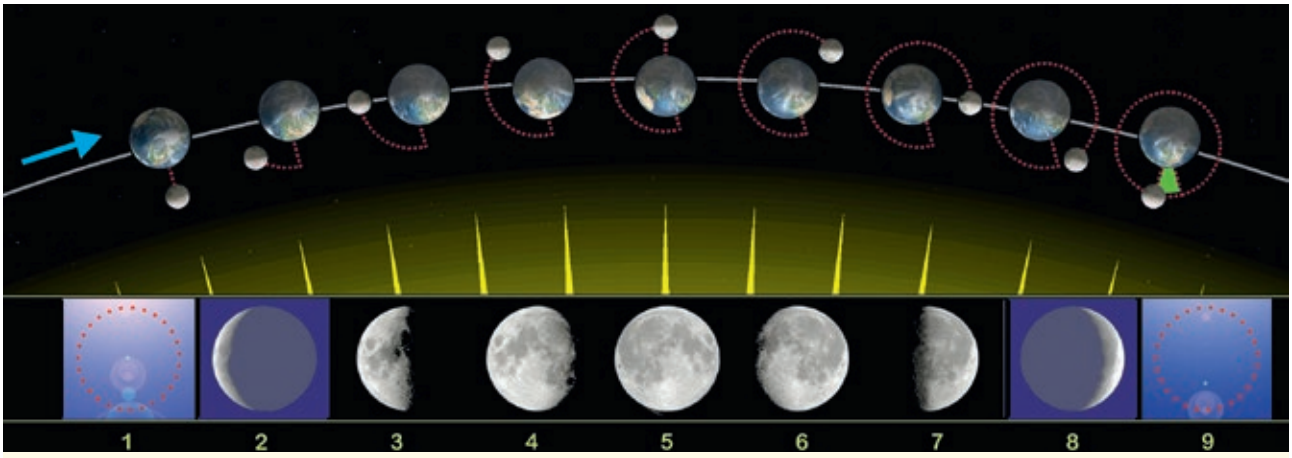
Eclipse total.

Eclipse parcial.

Eclipse penumbral.

Las fases de la Luna

En su giro alrededor de nuestro planeta, la Luna presenta diferentes aspectos al ser observada desde la superficie de la Tierra. Esto se debe a la forma en que recibe la luz del Sol en cada una de las posiciones que adopta. A continuación, se presentan las fases de la Luna desde el hemisferio sur.



1. Luna nueva
2. Creciente menguante
3. Cuarto creciente
4. Luna gibosa creciente
5. Luna llena
6. Luna gibosa menguante
7. Cuarto menguante
8. Luna menguante
9. Luna nueva

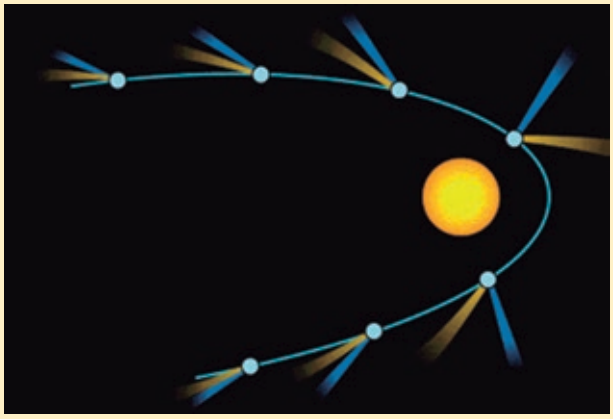
INTEGRA tus nuevos aprendizajes

Para que sepas cómo va tu proceso de aprendizaje, te invitamos a realizar las siguientes actividades.

Aprendiendo a responder

Analiza la siguiente pregunta modelada.

Al estudiar los cometas, Claudia se da cuenta de que la cola que estos proyectan aumenta de tamaño a medida que se acercan al Sol, tal como se representa en el siguiente esquema.



Al analizar la imagen, podemos observar que la cola del cometa siempre se opone al Sol y, además, esta aumenta progresivamente de tamaño a medida que se acerca al astro. Esto se debe al "viento solar", que corresponde a la energía irradiada por el Sol y que, evidentemente, es más intenso a medida que nos acercamos a él. Por esta razón, la cola del cometa (formada por hielo sublimado y polvo), incrementa su longitud a medida que se acerca al Sol.

¿Por qué se produce este fenómeno?

Ahora tú

Evalúa

1. Respecto de los planetas del sistema solar, Felipe afirma lo siguiente:

I. Todos poseen satélites naturales.
II. A mayor distancia del Sol, menor es su período orbital.
II. Los más cercanos al Sol están formados principalmente por rocas y metales.

¿Son correctas las afirmaciones realizadas por Felipe? De no ser así, corrige aquellas que no lo sean.

Analiza

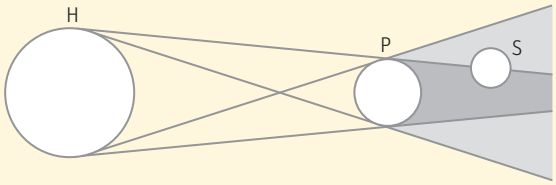
2. En el siguiente esquema se representan, en una misma línea, tres cuerpos celestes: A, B y C.

Ⓐ - - - - - Ⓑ - - - - - Ⓒ

Si A corresponde al Sol, ¿qué cuerpos deben ser B y C, respectivamente, para que en la situación se represente un eclipse de Sol?

Analiza

3. Usando un trazado de rayos, Sandra realiza el siguiente esquema que representa cierto tipo de eclipse.

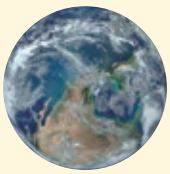


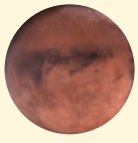
Si los cuerpos H, P y S corresponden al Sol, la Tierra y la Luna, respectivamente, ¿qué tipo de eclipse fue representado por Sandra?

Compara

4. Compara los planetas Venus, Tierra y Marte, respecto de su aceleración de gravedad, atmósfera y temperatura media.

Venus


Tierra


Marte

Evalúa

5. Carlos le explica a su hermana Patricia por qué Plutón (imagen inferior) es considerado un planeta enano. Él señala lo siguiente:

Plutón no orbita en torno al Sol.

Plutón tiene un satélite natural (Caronte) casi de su tamaño.

Plutón no ha limpiado su vecindad de cuerpos menores, como polvo, gases y pequeños meteoroides.

¿Son válidas las afirmaciones realizadas por Carlos? De no ser así, señala cuáles no lo son y por qué.

Identifica

6. ¿En cuáles de las siguientes opciones se representan unicamente, planetas formados principalmente por hidrógeno y helio?

A. Marte, Júpiter y Saturno.

B. Venus, Neptuno y Júpiter.

C. Júpiter, Saturno y Urano.

D. Júpiter, Saturno y Venus.

E. Saturno, Neptuno y la Tierra.

Explica

7. ¿Cómo le explicarías a un amigo(a) por qué se originan las estaciones del año?

Explica

8. ¿Qué son las fases de la Luna?, ¿por qué se producen?

¿Cómo vas?

Revisa tus respuestas en el solucionario y según los resultados que hayas obtenido, marca con ✓ el nivel de desempeño correspondiente. Pídele ayuda a tu profesor o profesora.

Indicador	Ítems	Habilidades	Nivel de desempeño
Reconocí las características de algunos de los cuerpos celestes presentes en el sistema solar y comparé algunos de ellos.	1, 4, 5 y 6	Evaluar, comparar e identificar.	**L**: cuatro ítems correctos. ☐ **ML**: tres o dos ítems correctos. ☐ **PL**: uno o ningún ítem correcto. ☐
Identifiqué las consecuencias de los movimientos relativos que realizan el Sol, la Tierra y la Luna.	2, 3, 7 y 8	Analizar y explicar.	**L:** cuatro ítems correctos. ☐ **ML:** tres o dos ítems correctos. ☐ **PL:** uno o ningún ítem correcto. ☐
L = Logrado; **ML** = Medianamente logrado; **PL** = Por lograr			

- ¿Por qué crees que los conceptos estudiados en esta lección te pueden ayudar a comprender de mejor forma tu entorno natural?
- ¿Has podido responder algunas de las preguntas formuladas en la sección Antes de comenzar?
- Puedes plantear otras preguntas y evaluar si son respondidas al finalizar la siguiente lección.
- Considerando los resultados que obtuviste en esta evaluación: ¿qué conceptos y/o habilidades te han resultado más fáciles de trabajar?, ¿cuáles te resultaron más difíciles?

LECCIÓN 8

LA OBSERVACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS CÓSMICAS

Antiguamente se pensaba que todos los cuerpos celestes, entre ellos estrellas y planetas, se movían en una misma esfera alrededor de la Tierra. Con el surgimiento del pensamiento científico, la imagen que el ser humano se ha construido del universo ha ido cambiando. ¿Por qué es importante conocer acerca de las estructuras cósmicas? Esperamos que tu mismo(a) puedas responder esta pregunta al finalizar esta lección.

Objetivo
Reconocer y registrar ideas previas respecto de algunas estructuras cósmicas.

Habilidad
Explicar en forma escrita.

Actitud
Valorar el proceso de observación en ciencias.

Tiempo
20 minutos.

Me preparo para aprender

Es importante que reconozcas aquello que sabes o piensas en relación con las temáticas que se desarrollarán en esta lección, dado que tus concepciones previas son el cimiento sobre el que se construirán los nuevos aprendizajes.

Alejandra y Benjamín observaron, durante varios meses, diferentes cuerpos celestes en ciertas horas de la noche. Ellos notaron que la posición de algunos astros permanecía inalterada con el transcurso de los días. Sin embargo, advirtieron que ciertos cuerpos celestes se movían de forma distinta a los demás, describiendo movimientos erráticos.

Respecto de la situación presentada, responde:

a. ¿Qué astros piensas que son aquellos que no presentaron variaciones en su posición?, ¿qué cuerpos celestes podrían ser aquellos que presentaron movimientos erráticos?

b. ¿Cómo definirías una estrella?

c. ¿Qué estructuras cósmicas conoces?

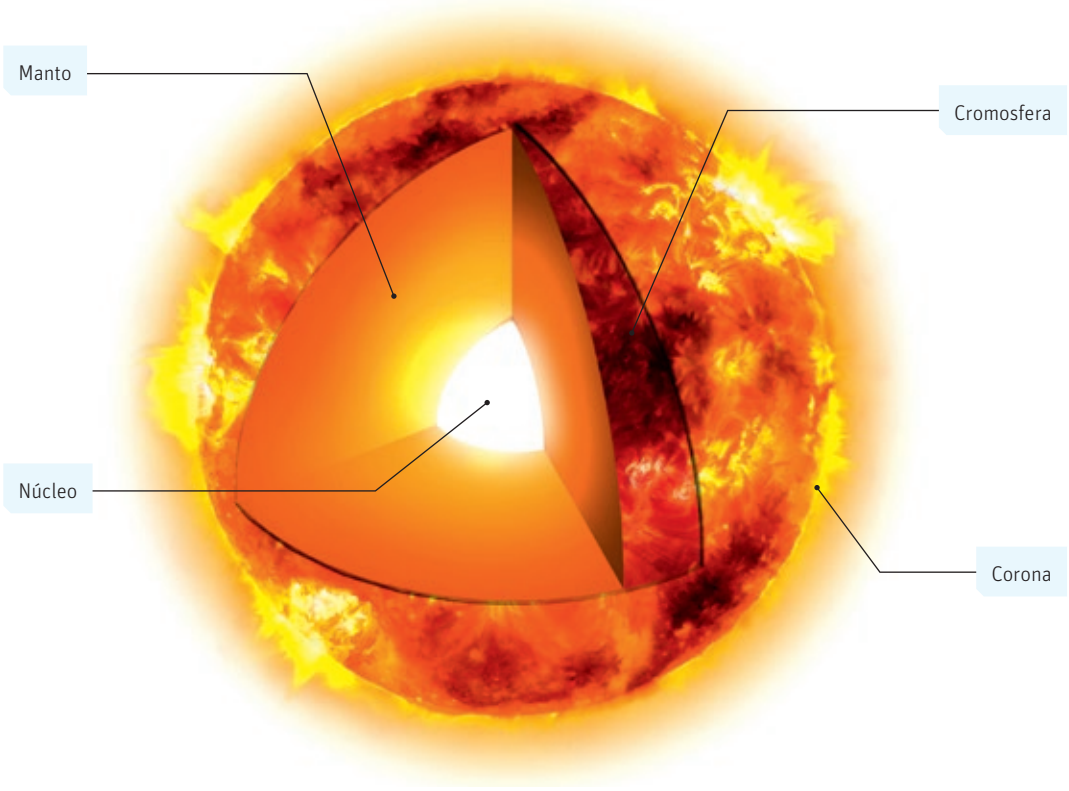
d. ¿Qué importancia le asignas al estudio y observación de las diferentes estructuras cósmicas? Explica.

Las estrellas

En la Antigüedad, la mayor parte de los objetos que se observaban en el cielo nocturno eran considerados estrellas, entre ellos planetas, satélites naturales e incluso galaxias. Una estrella es un objeto astronómico caracterizado por emitir luz propia, es decir, por brillar gracias a procesos físico-químicos que ocurren en su interior. Además, es un cuerpo de gran masa y, debido a ello, su forma tiende a la simetría esférica. Una estrella está compuesta principalmente por gases eléctricamente activos, por lo que puede ser considerada una esfera de plasma.

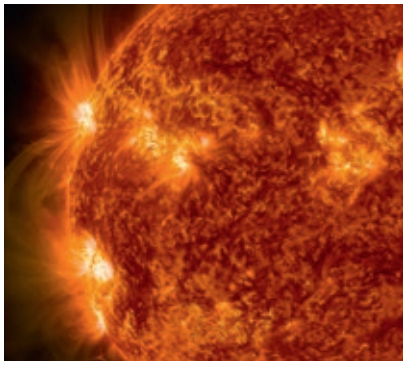
La estructura de una estrella

Una estrella está conformada por diferentes capas, siendo las principales (desde el interior al exterior) **el núcleo**, **el manto** y **la atmósfera**. El núcleo es la región central de una estrella y corresponde a la caldera en la que se produce la energía. El manto es la zona intermedia, a través de la cual se transporta la energía hacia el exterior mediante procesos de convección y radiación. Finalmente, la atmósfera es la parte visible de una estrella. Esta se compone de la **fotosfera**, de donde proviene la luz que observamos; la **cromosfera**, una capa de mayor grosor y temperatura que la fotosfera, pero menos luminosa, y la **corona**, formada principalmente por gases a muy alta temperatura.



¿Cómo se originan las estrellas?

Las estrellas nacen en nubes de materia interestelar (nebulosas). Estas nubes están formadas principalmente por partículas de polvo y por grandes concentraciones de hidrógeno, helio y otros elementos pesados. Por lo general, la materia y el polvo cósmico presentes en las nebulosas no emiten luz debido a su baja densidad y temperatura. Sin embargo, existen ciertas regiones de las nebulosas en donde la concentración de partículas es tan alta que la fuerza de atracción gravitacional permite que se formen grandes esferas de gas, en cuyo interior las enormes presiones y temperaturas dan inicio a reacciones termonucleares. Estas últimas hacen que las estrellas comiencen a brillar. Si bien una estrella puede nacer aislada de otros cuerpos, también es posible que, a partir de su formación, se dé inicio a un sistema planetario, o bien a un grupo de estrellas o a un cúmulo estelar.



En la superficie de una estrella, como nuestro Sol, se producen enormes llamaradas de plasma que se curvan debido al campo magnético de la estrella.

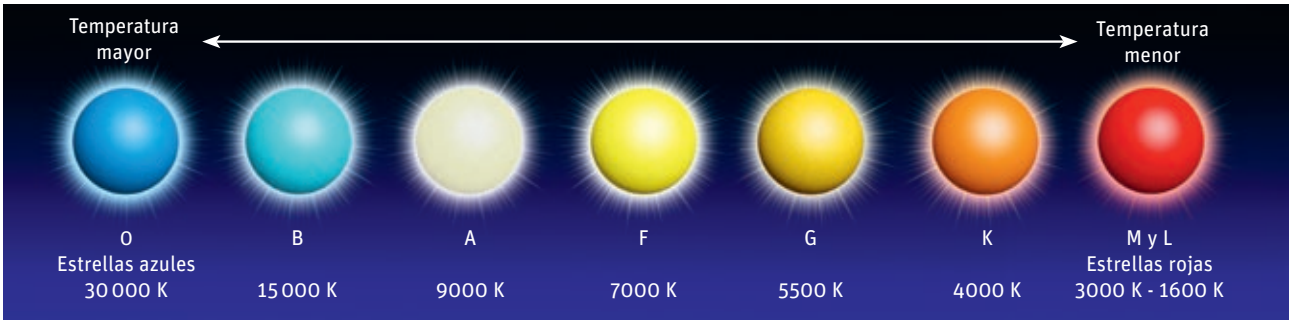
La clasificación de las estrellas

Existen varios criterios mediante los que se pueden clasificar las estrellas, tales como el color, la luminosidad, el tamaño y la masa. A continuación, se presentan los principales criterios de clasificación estelar:

Tipos espectrales

Esta clasificación agrupa a las estrellas según su espectro luminoso (color) y su temperatura superficial, aspectos que se encuentran muy relacionados. De acuerdo con el color, las estrellas se clasifican en los denominados **tipos espectrales**: O, B, A, F, G, K, M y L. De esta forma, las estrellas azules (del tipo O) son las que poseen la temperatura superficial más alta, mientras que las estrellas rojas (del tipo M y L) tienen una temperatura superficial menos elevada. El Sol es una estrella mediana del tipo G, cuya temperatura superficial es de 6000 °C.

Tipos espectrales		
Tipo	Color	Temperatura (°C)
O	Azul	40 000-28 000
B	Azulada	> 28 000-10 000
A	Blanca	> 10 000-8000
F	Amarilla	> 8000-6000
G	Amarilla anaranjada	> 6000-4900
K	Naranja	> 4900-3500
M y L	Roja	> 3500-1600

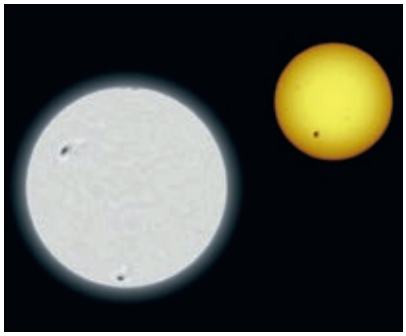


La magnitud de una estrella

Para clasificar una estrella según su luminosidad o brillo se asigna un número adimensional conocido como **magnitud**.

Existen dos tipos de magnitudes: la magnitud aparente (m) y la magnitud absoluta (M). La primera corresponde a la luminosidad con que una estrella se ve desde la Tierra. Cuanto más brillante se vea una estrella, menor será su magnitud aparente. La magnitud absoluta, en cambio, corresponde a la luminosidad real de una estrella.

La estrella más brillante del firmamento es Sirio, con una magnitud aparente de –1,46. En la imagen se compara el tamaño de Sirio con el del Sol.



El tamaño de las estrellas

Las estrellas también pueden ser clasificadas a partir de su tamaño. Las más grandes reciben el nombre de **supergigantes**; en cambio, las más pequeñas reciben el de **enanas**. Una de las estrellas más grandes que ha sido observada por el hombre es Betelgeuse (una supergigante roja), cuyo diámetro es de aproximadamente 650 veces el del Sol. Comparativamente con el tamaño del sistema solar, el radio de Betelgeuse se extendería entre el Sol y el cinturón de asteroides (más allá del planeta Marte).

Imagen de Betelgeuse captada por el telescopio espacial Hubble.

El diagrama de Hertzprung-Russell

Dos astrónomos, el danés Ejnar Hertzprung (1873-1967) y el estadounidense Henry Russell (1877-1957), desarrollaron a comienzos del siglo XX, y de manera independiente, un diagrama para representar y organizar las estrellas en función de su temperatura superficial y de su luminosidad.

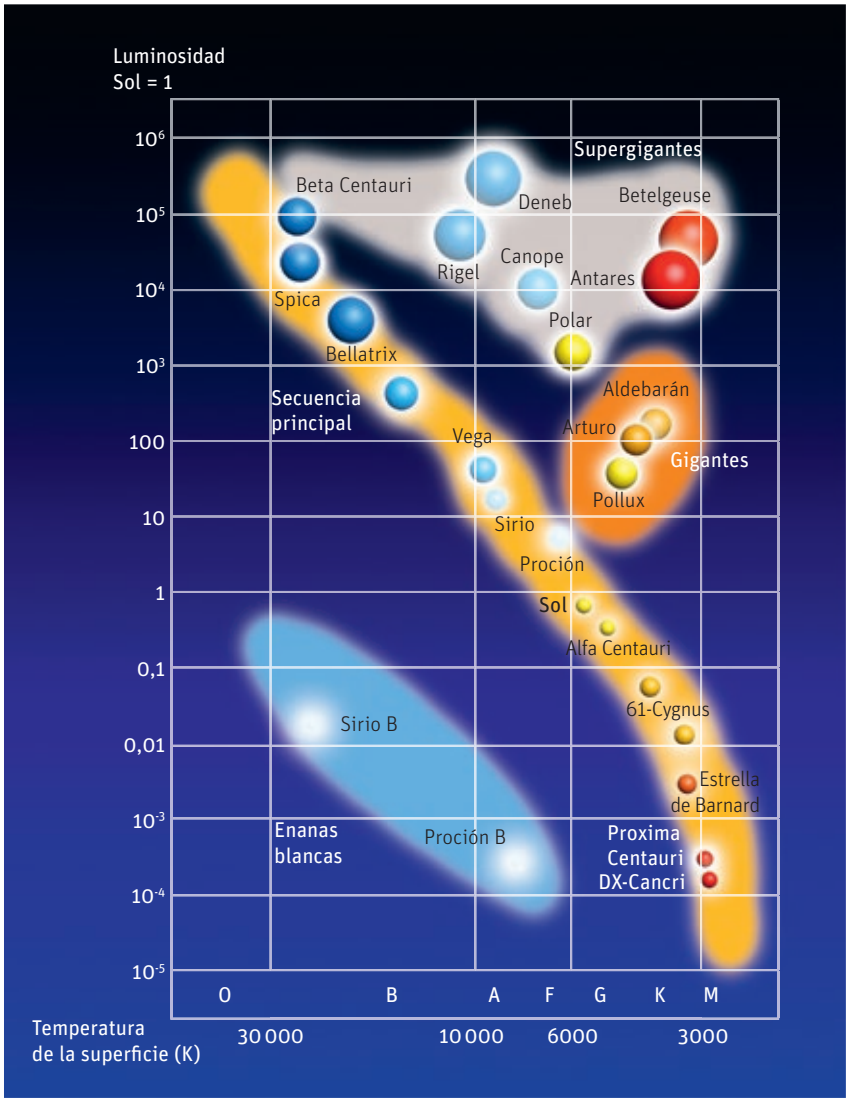
Este fue conocido posteriormente como el **diagrama de Hertzprung-Russell** o simplemente el diagrama H-R. En él se utiliza un gráfico cartesiano en cuyo eje vertical se sitúan los valores de la magnitud absoluta de las estrellas (medida indirecta de su energía) y en el eje horizontal se ubica la temperatura superficial de la estrella medida en kelvin (K).

Para construir el diagrama H-R, se aplica el siguiente criterio: mientras mayor sea la luminosidad de una estrella, menor será su magnitud absoluta. Esto significa que las estrellas más luminosas están en la parte superior del eje vertical. Respecto del eje horizontal, el criterio de organización de las estrellas corresponde a su índice de color o tipo espectral, el que a su vez es un indicador de la temperatura superficial de una estrella.

En el gráfico se pueden observar grupos de estrellas repartidas en las distintas zonas del diagrama. La mayor cantidad de estrellas se encuentra en la franja diagonal (donde también se ubica el Sol). Esta zona se denomina secuencia principal, y ahí se sitúan las estrellas más jóvenes. Las gigantes rojas y las supergigantes se ubican en la parte superior. Finalmente, en la parte inferior de la diagonal se encuentran las enanas blancas, que son las estrellas más viejas. Como todas las estrellas representadas pueden corresponder a diferentes etapas en la vida de estas, el diagrama H-R es fundamental en la astronomía, ya que permite determinar la evolución de una estrella.

Investiga e identifica

Busca en alguna fuente confiable el mapa de algunas de las constelaciones que pueden ser observadas desde el hemisferio sur. Luego, cuando te encuentres en un lugar en donde se puedan ser observadas las estrellas, trata de identificar algunas constelaciones y el nombre de las principales estrellas observables en la noche.



Las galaxias

Las galaxias, objetos supermasivos (de una gran masa), muy brillantes y rodeados por un vasto espacio vacío, fueron llamadas universos-isla por el filósofo Immanuel Kant. Están compuestas por objetos visibles, como estrellas, cúmulos de estrellas, nebulosas de hidrógeno y polvo, y también por objetos no visibles, como agujeros negros y materia oscura, cuya naturaleza aún se desconoce. Todos los cuerpos que forman una galaxia se encuentran unidos por la fuerza de atracción gravitacional y están en constante rotación. Las formas de las galaxias son variadas: desde óvalos colmados de estrellas viejas, y brazos espirales con estrellas jóvenes, hasta galaxias amorfas. Los centros galácticos concentran la mayor cantidad de estrellas y muchos de ellos poseen un agujero negro en su interior.

El sistema solar se encuentra en uno de los brazos de una galaxia espiral (la Vía Láctea). El diámetro de nuestra galaxia es de aproximadamente 100 mil años luz.

Se estima que el número de galaxias en el universo observable es de más de 100 mil millones. Para estimar sus tamaños y las distancias entre ellas, se utiliza el parsec (pc):

$$1 \text{ parsec} = 3{,}2616 \text{ años luz} = 3{,}0857 \cdot 10^{16} \text{ m}$$

Las galaxias tienen un diámetro que varía entre 100 y 100 mil parsecs, y están separadas unas de otras por distancias del orden de un millón de parsecs. Por ejemplo, la Vía Láctea tiene un diámetro de 30 660 pc y se encuentra a una distancia de 775 000 pc de la galaxia Andrómeda. El número de estrellas que contiene una galaxia está entre 10^7 (para galaxias enanas) y 10^{14} (para galaxias gigantes).

Investiga

Reúnete con un compañero o compañera, e investiguen acerca de los agujeros negros y de las estrellas de neutrones. Luego, respondan las siguientes preguntas:

a. ¿Cómo se originan las estrellas de neutrones?, ¿cómo fueron detectadas?
b. ¿Por qué se piensa que en el centro de una galaxia existe un agujero negro supermasivo?

Los tipos de galaxias

Para clasificar las galaxias, Edwin Hubble (1889-1953) propuso, en 1936, un sistema basado en la forma de estas. Esta clasificación, que recibe el nombre de **secuencia de Hubble**, distingue los siguientes tipos de galaxias: elípticas, lenticulares, espirales e irregulares. A continuación, se explica cada una de ellas.

Galaxias elípticas

Son galaxias cuya forma es similar a una esfera. Las galaxias elípticas se clasifican en la secuencia de Hubble con la letra E, y van desde E0 hasta E7; donde E0 representa a aquellas con una forma más cercana a una esfera y E7, a un disco. En la imagen se muestra la galaxia M60.

Galaxias lenticulares

Su forma es similar a un disco en cuyo centro existe una mayor concentración de estrellas. En la secuencia de Hubble se las designa como S0 y SB0. En la imagen se muestra la galaxia lenticular NGC 2787.

Galaxias espirales

Las galaxias espirales están formadas por un núcleo de estrellas viejas rodeadas por un disco de estrellas mucho más jóvenes. Este tipo de galaxias posee dos brazos en espiral. En la secuencia de Hubble se las designa como Sa, Sb y Sc. Existen también las galaxias espirales barradas (SBa, SBb y SBc) y las espirales intermedias (SAB0). En la imagen se muestra la galaxia espiral M51.

Galaxias irregulares

Las galaxias irregulares (Irr) son nubes de gases, polvo y estrellas que no presentan una forma definida y, por lo tanto, no pueden ser clasificadas. Aproximadamente, el 5 % de las galaxias conocidas son irregulares, y principalmente deformadas por la gravedad de galaxias vecinas. En la imagen se muestra la galaxia irregular NGC 1427A.

Ayuda

Muchos objetos astronómicos se designan con la letra M. Por ejemplo, la galaxia Andrómeda es M31. Esta nomenclatura fue introducida por el astrónomo francés Charles Messier, quien elaboró un catálogo que posteriormente fue conocido como el catálogo Messier. Otro catálogo utilizado para objetos astronómicos es el NGC (*New General Catalogue*).

¿Qué estructuras forman las galaxias?

Las estructuras formadas por galaxias se diferencian entre sí por el número de galaxias que las componen y por su tamaño. Las que estudiaremos a continuación se forman gracias a la atracción gravitacional entre ellas.

Grupo de galaxias

Los grupos de galaxias son formaciones compuestas por decenas de ellas. Su tamaño promedio es del orden de 10^6 años luz. Nuestra galaxia, la Vía Láctea, pertenece a un grupo de aproximadamente 40 galaxias, conocido como el **grupo local**. Dentro de esta formación se encuentra también la conocida galaxia Andrómeda.

Grupo de galaxias.

Cúmulos de galaxias

Corresponden a agrupaciones de galaxias de mayor envergadura, ya que pueden contener miles de ellas y poseer un radio del orden de 10^7 años luz. Los cúmulos galácticos crean enormes campos gravitacionales capaces de deflectar la luz, es decir, desviar la luz que proviene de otras galaxias lejanas.

Cúmulo de galaxias.

Supercúmulos de galaxias

Existen otras estructuras mayores llamadas supercúmulos, formadas por miles de grupos y cúmulos de galaxias. Su radio es del orden de 10^8 años luz.

Si pudiéramos observar el universo a gran escala, notaríamos que los supercúmulos de galaxias se entrelazan unos con otros a través de filamentos (similares a una tela de araña). Entre estos se forman grandes espacios vacíos conocidos como *voids*. El conjunto de todos los filamentos y los espacios es lo que le da la estructura al universo a gran escala.

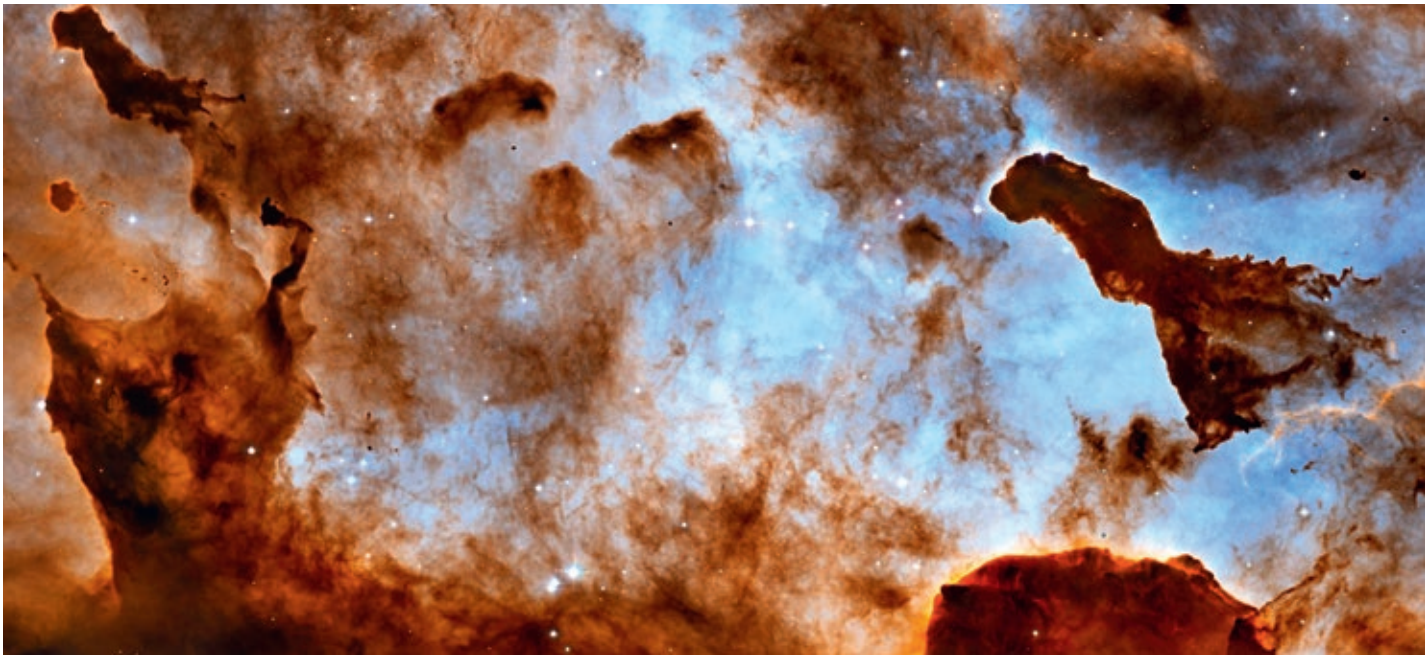
En el modelo del universo a gran escala, cada filamento está compuesto por miles de galaxias.

Las nebulosas

En una noche muy estrellada, es posible observar algunas regiones más oscuras en el espacio y otras en las que se pueden distinguir estructuras similares a las nubes, que reciben el nombre de **nebulosas**. A continuación, describiremos los distintos tipos de nebulosas.

Nebulosas formadoras de estrellas

Las nebulosas en las que se originan las estrellas están compuestas, principalmente, por polvo y gases, como el hidrógeno y el helio. Puesto que en una nebulosa existen regiones de mayor densidad, la fuerza de atracción gravitacional hace que se formen esferas de gas y polvo que dan origen a las estrellas.



La nebulosa Carina, captada por el telescopio espacial Hubble.

Nebulosa planetaria

Las nebulosas planetarias son nubes de gases en expansión originadas por la explosión de una estrella pequeña y contienen una mayor diversidad de elementos que una nebulosa formadora de estrellas. Tienen variadas formas y están iluminadas por una pequeña enana blanca en su centro. Esta última corresponde a los restos de una estrella que agotó su combustible.

Nebulosa planetaria de la Hélice.

Remanente estelar de una supernova

Cuando las estrellas gigantes mueren, lo hacen con una explosión colosal llamada supernova, que desprende tanta energía y luz que puede iluminar la galaxia que la contiene. Después de la detonación, queda un remanente gaseoso que se expande y brilla por miles de años.

En búsqueda de exoplanetas

Actividad

Objetivo
Inferir las condiciones que un planeta debe poseer para albergar vida.

Habilidad
Discutir de forma oral o escrita respecto de soluciones a un problema.

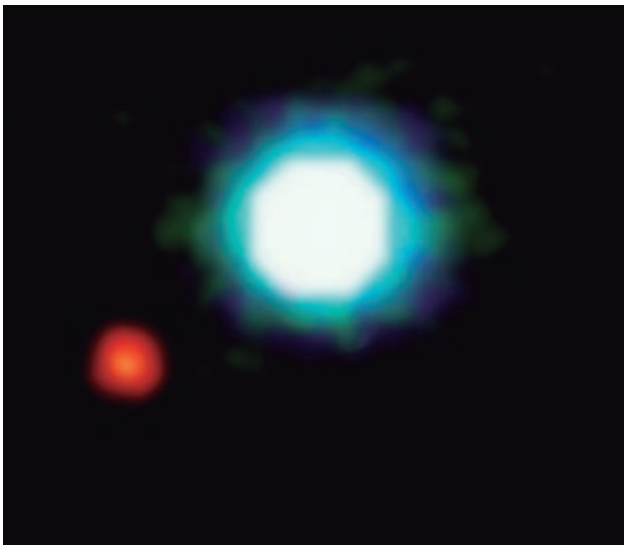
Tiempo
15 minutos.

Exoplanetas

Reúnanse en parejas e imaginen que son astrónomos y detectan un planeta orbitando en torno a una estrella muy distante. Respecto de esto, escriban todas las condiciones que piensan que debería cumplir dicho planeta para poder albergar vida.

Un **exoplaneta** o **planeta extrasolar** corresponde a un planeta que orbita una estrella distinta del Sol. Los primeros exoplanetas fueron descubiertos en el año 1992 por el astrónomo polaco Aleksander Wolszczan. Desde entonces, se han descubierto más de 2500 sistemas planetarios diferentes al sistema solar, confirmándose la existencia de cerca de 3400 planetas. Sin embargo, esta solo es la punta del iceberg, ya que diversas observaciones han demostrado que el universo está plagado de sistemas planetarios y planetas, algunos de los cuales podrían tener condiciones similares al nuestro.

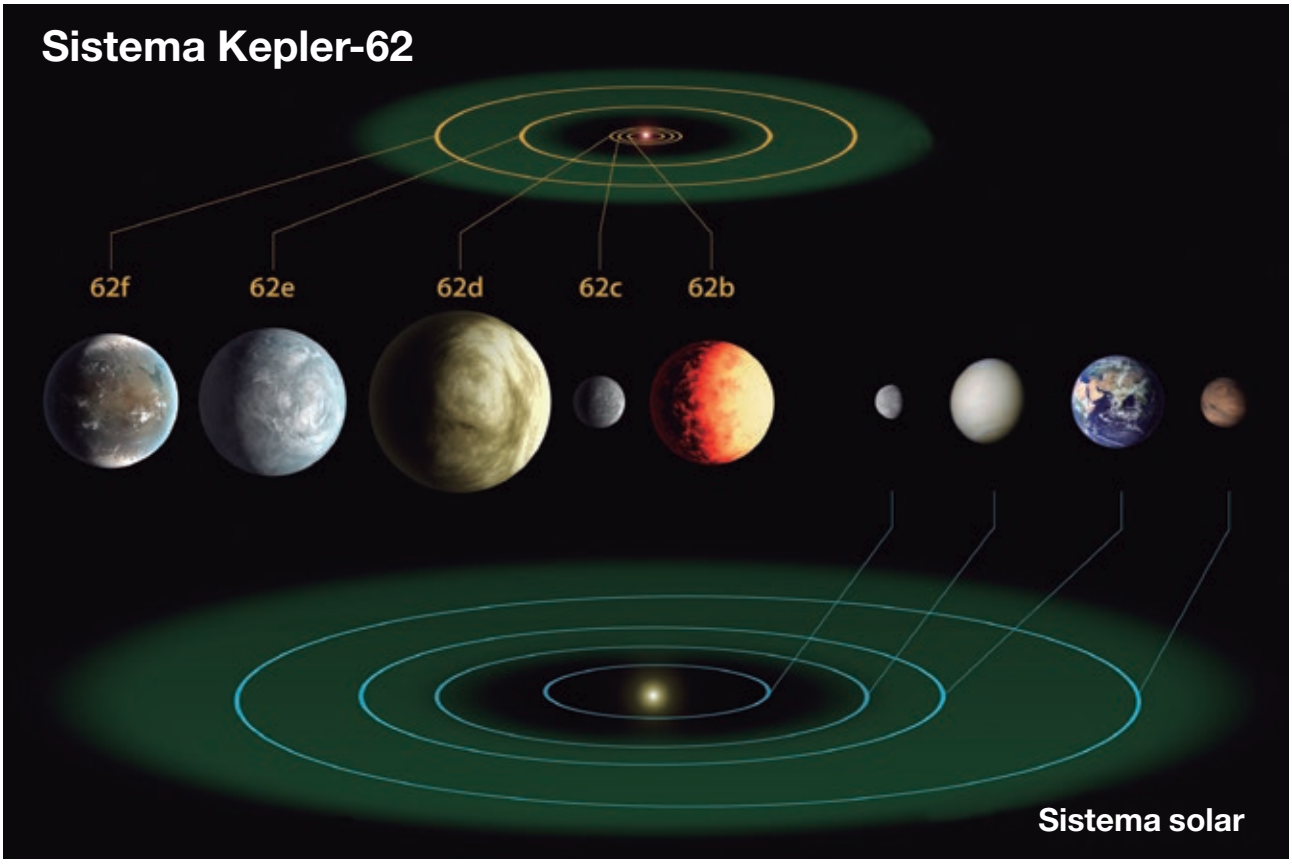
Pero ¿cómo se descubren los exoplanetas? Debido a que los planetas extrasolares se encuentran muy distantes y, además, son opacados por la luz de su estrella, son muy difíciles de observar de manera directa. Por esta razón, se estudian los efectos gravitacionales que originan sobre su estrella, similar a cuando un lanzador del martillo se bambolea antes de soltarlo. Este bamboleo de la estrella delata la existencia de cuerpos (planetas) que la orbitan. Se espera que los nuevos instrumentos de observación astronómica permitan detectarlos de forma más precisa y, más aún, observarlos de manera directa.



En la imagen se muestra la primera fotografía directa confirmada de un planeta extrasolar. La toma fue captada por el Very Large Telescope (VLT), observatorio situado en el cerro Paranal, en el desierto de Atacama.

La zona de habitabilidad de un sistema planetario

En un sistema planetario, se define la **zona de habitabilidad** como aquella región en la cual un planeta recibe la cantidad necesaria de radiación solar (ni mucha ni muy poca) que podría permitir la existencia de vida. Como ya estudiamos, muchas estrellas difieren en tamaño y/o temperatura superficial, por lo que la zona de habitabilidad varía de un sistema planetario a otro. En el siguiente esquema, se comparan las zonas de habitabilidad del sistema solar con el sistema Kepler-62.

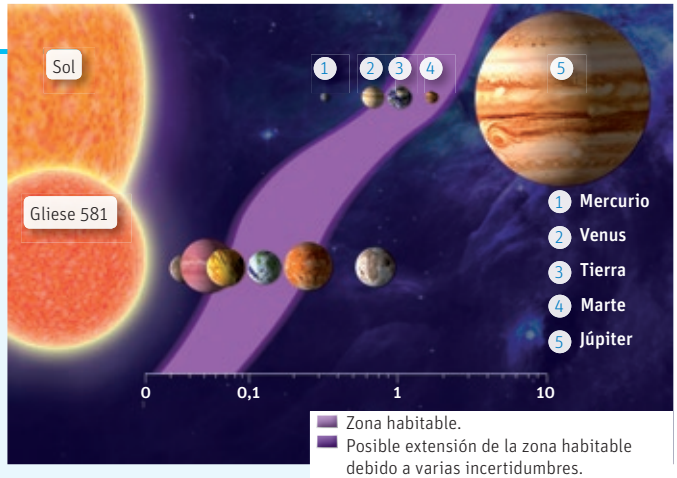


Analiza

En el siguiente esquema se comparan las zonas habitables del sistema solar y del sistema planetario Gliese 581. Respecto de la información presentada, responde:

a. ¿Cuál de los dos sistemas posee una zona habitable de mayor ancho?, ¿a qué piensas que se debe aquello?

b. ¿Por qué crees que la zona habitable del sistema solar se encuentra más lejos de la estrella en comparación con el sistema planetario Gliese 581? Propón una hipótesis.



Aprendiendo a desarrollar procesos científicos

Aumento y aberración cromática del telescopio de Kepler

Objetivo
Estudiar algunas características del telescopio de Kepler.

¿Qué nociones físicas crees que están involucradas en esta actividad?

Habilidad
Evaluar la validez y confiabilidad de resultados.

Actitud
Trabajar de manera responsable y proactiva.

Tiempo
60 minutos.

Observación y antecedentes

Como recordarás, en la *Lección 4* estudiamos cómo, a partir de la combinación de algunas lentes, se puede construir un instrumento óptico conocido como telescopio, gracias al cual es posible conocer y describir diferentes objetos astronómicos. El telescopio de Kepler corresponde a uno refractor y está formado por dos lentes convergentes biconvexas, una llamada objetivo y otra denominada ocular (ambas lentes tienen distinta distancia focal). Como todos los telescopios, tiene la capacidad de aumentar las imágenes. El aumento (A) que genera un determinado telescopio se define como el cociente entre la distancia focal del objetivo (f_{ob}) y la distancia focal del ocular (f_{oc}), es decir, $A = f_{ob}/f_{oc}$. Como el telescopio de Kepler utiliza lentes que refractan la luz, los bordes de los cuerpos observados a través de ellas se ven irisados, es decir, de colores. Esto se debe a que la refracción que experimenta cada color del espectro visible lo hace converger en un punto diferente. Este efecto que perturba la imagen y le resta nitidez es conocido como aberración cromática.

Planteamiento del problema e hipótesis

Respecto de lo anterior, ¿qué relación existe entre el aumento en un telescopio de Kepler y la magnitud de la aberración cromática generada en él? En relación con esta interrogante, propongan una hipótesis. Para ponerla a prueba, realicen el siguiente procedimiento.

Diseño experimental

Reúnan los siguientes materiales: tres lupas de diferentes distancias focales, una regla de 30 centímetros, tres sujetapapeles, una vela chica y una hoja blanca.

Determinen la distancia focal de cada lupa. Para ello, midan con la regla la distancia a la que se forma una imagen nítida de una de las lámparas situadas en el techo de la sala de clases.

Ubiquen las lupas sobre los sujetapapeles (sus centros deben quedar a la misma altura). Sitúen la vela a unos 20 cm de la lente objetivo y obsérvenla a través de la lente ocular. Es importante que el objeto (vela), la lente objetivo y la lente ocular estén en una línea recta. Desplacen el ocular hasta ver la llama de la vela lo más nítida posible y observen los bordes de la imagen (aberración cromática). Repitan el procedimiento combinando otras lentes.

Resultados

Registren los resultados obtenidos en la tabla inferior. Es importante considerar que las distancias focales se miden en centímetros y el aumento es adimensional (sin unidad de medida). Respecto de la aberración cromática observada, los criterios para clasificarla son los siguientes: **baja**, si la imagen se distingue de forma nítida; **media**, si la imagen se distingue con algo de distorsión y sus bordes presentan algunos colores, y **alta**, si la imagen se observa muy distorsionada y sus bordes presentan varios colores.

	Distancia focal objetivo (cm)	Distancia focal ocular (cm)	Aumento	Aberración cromática observada
1				
2				
3				

Análisis e interpretación de resultados

a. ¿Cuál fue la combinación de lentes (telescopio) que presentó un mayor aumento?, ¿cómo fue su aberración cromática en relación con otros telescopios?

b. ¿Existe relación entre el aumento del telescopio y la aberración cromática observada? Expliquen.

Conclusiones y evaluación

c. ¿Cuál crees que es la relación funcional entre el aumento y la aberración cromática?

d. ¿Qué errores se pueden cometer al medir las distancias focales?

e. ¿Se validó o se rechazó su hipótesis? Expliquen.

Comunicación de resultados

Elaboren un informe en el que respondan las siguientes preguntas: ¿cuál fue el problema de investigación?, ¿qué hipótesis propusimos?, ¿en qué consistió el diseño experimental?, ¿cuáles fueron nuestras conclusiones?

Desafío

Considerando los pasos realizados en el Taller de ciencias, planifiquen una investigación conducente a estudiar el telescopio de Galileo, el que utiliza una lente divergente bicóncava como ocular. Algunos problemas que pueden abordar son:

a. ¿Cómo se debe medir la distancia focal de una lente divergente?

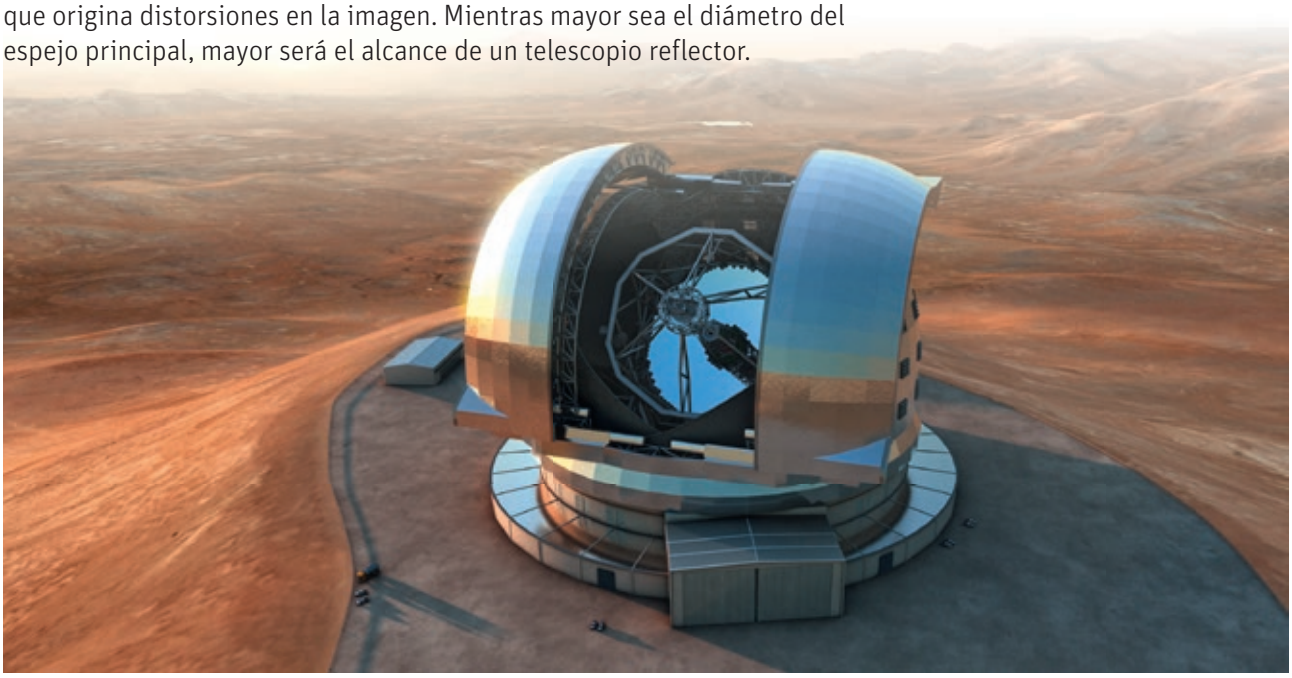
b. ¿Cómo es la aberración cromática en este tipo de telescopios?

Tecnologías para la observación del universo

La invención del telescopio amplió las fronteras de nuestro entendimiento del cosmos: desde divisar los satélites de Júpiter, hasta contemplar galaxias tan antiguas como el universo mismo. Hoy en día, existen múltiples tecnologías que permiten la observación directa e indirecta del universo, contribuyendo a validar o refutar las teorías de su formación. A continuación, se presentan algunas de las principales tecnologías para observar las estructuras y los objetos astronómicos.

Los telescopios reflectores

En la actualidad, los telescopios ópticos más utilizados son los reflectores, los cuales poseen un espejo cóncavo para capturar la luz y así concentrarla en un punto. Un telescopio reflector no presenta la aberración cromática que origina distorsiones en la imagen. Mientras mayor sea el diámetro del espejo principal, mayor será el alcance de un telescopio reflector.



↑ En la imagen se muestra una concepción artística del telescopio E-ELT, el que se construirá en el cerro Armazones, en el desierto de Atacama. Será el telescopio reflector más grande del mundo, con un espejo principal de un diámetro de 40 m.

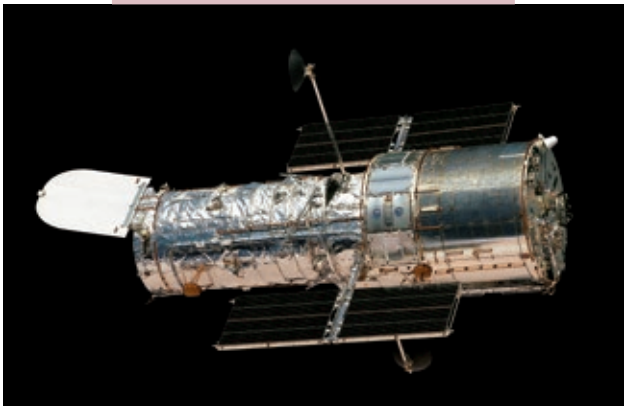
Los radiotelescopios

Los telescopios ópticos, refractores y reflectores captan la luz del espectro visible emitida por los astros. Sin embargo, algunos cuerpos emiten, además de la luz visible, otro tipo de radiaciones electromagnéticas. Por ejemplo, los púlsares y algunas galaxias lejanas emiten radiación en el rango de las ondas de radio. Estas son recibidas por los **radiotelescopios**, unos enormes platos parabólicos que reflejan las ondas de radio hacia su foco geométrico (lugar donde se ubica el receptor). Las ondas de radio captadas por estos instrumentos son convertidas en imágenes mediante computadores.

Los telescopios espaciales

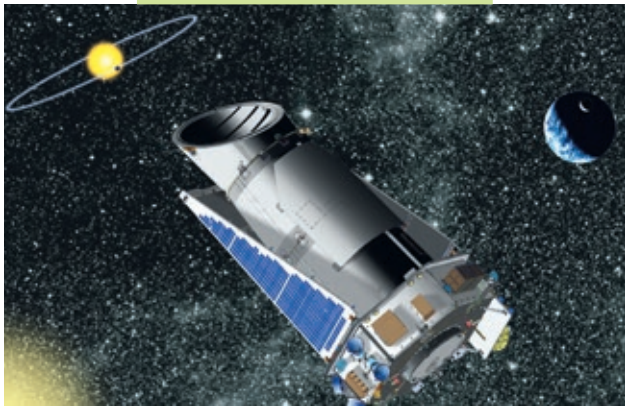
Cada vez que se observa el cielo desde la superficie terrestre, la atmósfera produce algunas distorsiones en las imágenes de los cuerpos celestes y también absorbe una parte importante de las radiaciones electromagnéticas en determinadas longitudes de onda. Para evitar los efectos de la turbulencia atmosférica, se ha enviado al espacio una serie de telescopios e instrumentos que permiten obtener imágenes de gran calidad. A continuación, se mencionan los principales telescopios y observatorios espaciales.

Telescopio espacial Hubble



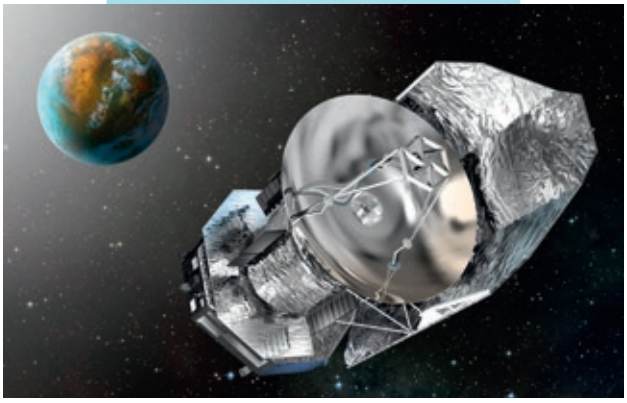
Fue puesto en órbita el año 1990 y posee un espejo de 4,2 m de diámetro. El Hubble ha permitido obtener imágenes espectaculares del universo.

Telescopio espacial Kepler



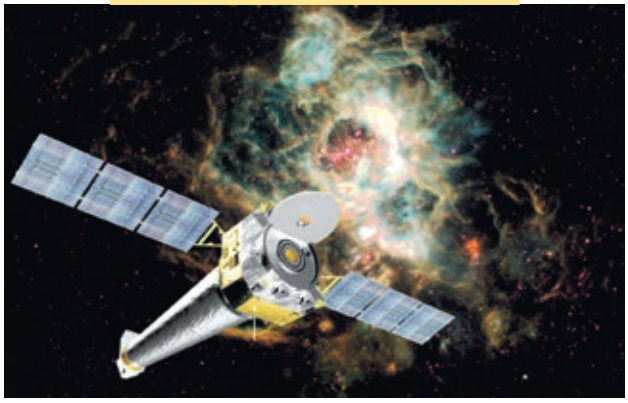
El telescopio espacial Kepler fue puesto en órbita el año 2009 y su principal misión consiste en buscar planetas fuera del sistema solar (exoplanetas).

Observatorio espacial Herschel



Fue puesto en órbita el año 2009 a 1,5 millones de kilómetros de la Tierra. Su misión es detectar ondas infrarrojas procedentes de objetos muy distantes.

Observatorio espacial Chandra



Fue enviado al espacio el año 1999 y su misión es observar los rayos X procedentes de distintos objetos astronómicos.

Investiga

Investiga acerca de los siguientes observatorios espaciales: la misión Planck, la sonda SOHO, el observatorio Spitzer y el WMAP. Luego, responde:

a. ¿Cuál es la misión de cada uno de ellos?
b. ¿Qué tipo de radiación electromagnética captan?

Chile, una ventana al universo

El norte de Chile posee uno de los cielos más despejados del planeta, además de altas planicies y baja humedad, por lo que es el uno de los mejores lugares para la observación astronómica. Por esta razón, en Chile se encuentran los telescopios ópticos y radiotelescopios más grandes y modernos del mundo, entre los cuales se destacan el observatorio del cerro Tololo, La Silla y Las Campanas, en la Cuarta Región, además del observatorio Paranal o VLT y el proyecto ALMA en la Segunda Región.

ESO/H. Zodet

↑ Observatorio La Silla.

El VLT

El **VLT** (*Very Large Telescope*) es el instrumento óptico más avanzado del mundo y es un proyecto de la agencia europea ESO. El VLT consiste en cuatro telescopios con espejos principales de 8,2 m de diámetro y cuatro telescopios auxiliares móviles de 1,8 m de diámetro. Los telescopios principales reciben sus nombres del mapudungún: Antu (Sol), Kuyen (Luna), Melipan (Cruz del Sur) y Yepun (Venus). Este último dispara un rayo láser directo al centro de la Vía Láctea.

ESO/S. Brunier

↑ El VLT es el sistema óptico más avanzado del planeta. En la imagen se puede observar el telescopio Yepun disparando un rayo láser.

Los telescopios del VLT pueden trabajar juntos para formar un "interferómetro gigante", que permite a los astrónomos observar detalles hasta 25 veces más finos que se pueden observar con los telescopios individuales. Las imágenes obtenidas con el VLT, como la nebulosa Cabeza de Caballo, son sorprendentes.

El radiotelescopio ALMA

En lo alto de la meseta de Chajnantor de los Andes chilenos, se encuentra el proyecto **ALMA** (*Atacama Large Millimeter Array*), un conjunto de radiotelescopios que estudian la luz de los objetos más fríos del universo. Esta luz tiene longitudes de onda de alrededor de un milímetro (entre luz infrarroja y las ondas de radio), por lo que se conoce como radiación milimétrica y submilimétrica. Este radiotelescopio, formado por 66 antenas de alta precisión, es el resultado de la colaboración de varios países y actualmente es el mayor proyecto astronómico de la humanidad. ALMA permite observar cuerpos tan lejanos que corresponden a la formación de las estrellas casi en el principio del universo.

ESO/B. Tafreshi

↑ Las observaciones astronómicas del proyecto ALMA comenzaron el año 2011.

Investiga y comunica

Producto de la intensa actividad astronómica en Chile, muchos astrónomos y astrofísicos chilenos participan de forma activa en el estudio de las estructuras cósmicas. Por ejemplo, la astrónoma María Teresa Ruiz (Premio Nacional de Ciencias Exactas, 1997) descubrió la primera estrella enana café, a la que nombró Kelu, que significa rojo en mapudungún.

Reúnete con dos o tres compañeros o compañeras e investiguen acerca de la historia de la astronomía en Chile. Además describan el trabajo de diferentes científicos chilenos en al ámbito de la astronomía y la astrofísica. Guíense por preguntas como:

a. ¿En qué campo de la ciencia desarrollan su estudio?
b. ¿Qué estructuras cósmicas estudian? ¿Mediante qué instrumentos las estudian?

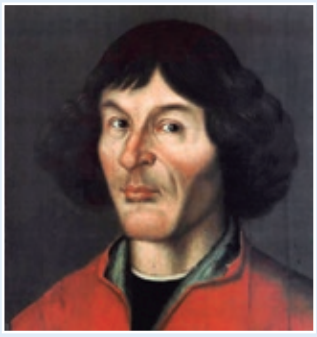
Para comunicar los resultados de su investigación, preparen una presentación con PowerPoint.

El estudio de las estructuras cósmicas a lo largo de la historia

Claudio Ptolomeo (100-170 d. C.) escribió el tratado astronómico conocido como *Almagesto*, en el cual propuso un modelo geocéntrico del sistema solar. Para explicar el movimiento retrógrado de los planetas, empleó el concepto de epiciclo.

Claudio Ptolomeo

Nicolás Copérnico (1473-1543) fue un astrónomo polaco que propuso un modelo heliocéntrico (el Sol como centro del universo). La publicación de su obra *Sobre las revoluciones de los cuerpos celestes* daría inicio a la llamada revolución copernicana.



Nicolás Copérnico

Johannes Kepler (1571-1630) propuso tres leyes mediante las cuales describió el movimiento de los planetas. Las órbitas propuestas por Kepler eran elípticas.

Johannes Kepler

Siglo II

En el mundo

En Roma se suceden los gobiernos de los denominados "cinco emperadores buenos".

En Mesoamérica

Comienza el período clásico.

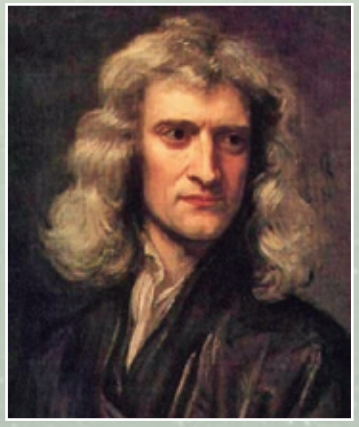
Siglo XV

En el mundo

En 1492, Cristóbal Colón descubre América. Este hecho es considerado por muchos como el fin de la Edad Media y el comienzo de la Edad Moderna.

Siglo XVI

Isaac Newton (1643-1727) formuló su reconocida ley de gravitación universal y, con ello, explicó las causas del movimiento planetario.



Isaac Newton

Charles Messier (1730-1817) fue un astrónomo francés elaboró, en 1774, un catálogo de los objetos astronómicos observables en la época. Su catálogo incluye nebulosas, cúmulos globulares y galaxias.

Charles Messier

El siglo XX ha sido una de las épocas más fructíferas para la astronomía. Se describió el origen y la antigüedad del universo, se enviaron misiones espaciales a los diferentes planetas del sistema solar y se cronstruyeron algunos de los observatorios astronómicos más avanzados del mundo.

Observatorio espacial Hubble.

Siglo XVII

En el mundo

Es el denominado el siglo de la física y el comienzo del pensamiento mecanicista.

En Chile

Chile se encuentra en pleno período de la Colonia.

Siglo XVIII

En el mundo

El siglo XVIII es considerado el último de la Edad Moderna y el primero de la Edad Contenporánea. Se considera, como división entre ambos períodos, la invención de la máquina a vapor.

Siglo XX - actualidad

En Chile

En Chile se sitúan los principales observatorios astronómicos del mundo, entre los cuales destacan el observatorio ALMA y el VLT. Existe una creciente participacón de científicas del ámbito nacional, que han realizado importantes aportes a la astronomía mundial.

La astrónoma chilena María Teresa Ruiz descubre la primera estrella enana café.

La astrónoma chilena Maritza Soto descubre un nuevo exoplaneta.

Reflexiona

¿Por qué piensas que es importante invertir en ciencias y, en especial, en astronomía? Argumenta.

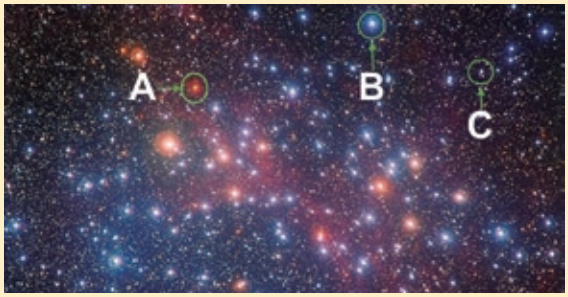
INTEGRA tus nuevos aprendizajes

Para que sepas cómo va tu proceso de aprendizaje, te invitamos a realizar las siguientes actividades.

Aprendiendo a responder

Analiza la siguiente pregunta modelada.

Paula observa una fotografía de un grupo de estrellas obtenida en el espectro visible y selecciona tres de ellas, las cuales rotula como A, B y C, respectivamente.



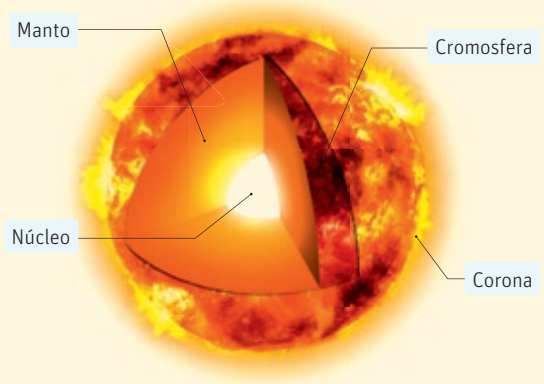
A partir de la imagen, ¿qué estrella tiene una mayor temperatura superficial?, ¿cuál una menor?

En la imagen es posible distinguir estrellas que presentan diferentes tonalidades. Según el espectro luminoso (tipo espectral). Se puede inferir si una estrella presenta mayor temperatura superficial que otra al comparar sus colores: las estrellas de mayor temperatura emiten luz en el rango del azul, por lo tanto, la estrella B es la de mayor temperatura; las estrellas que emiten luz en el rango del naranja o rojo poseen menor temperatura superficial, por lo que la estrella A es la de menor temperatura.

Ahora tú

Evalúa

1. Rodrigo rotula de la siguiente manera la imagen, que representa la estructura de una estrella.



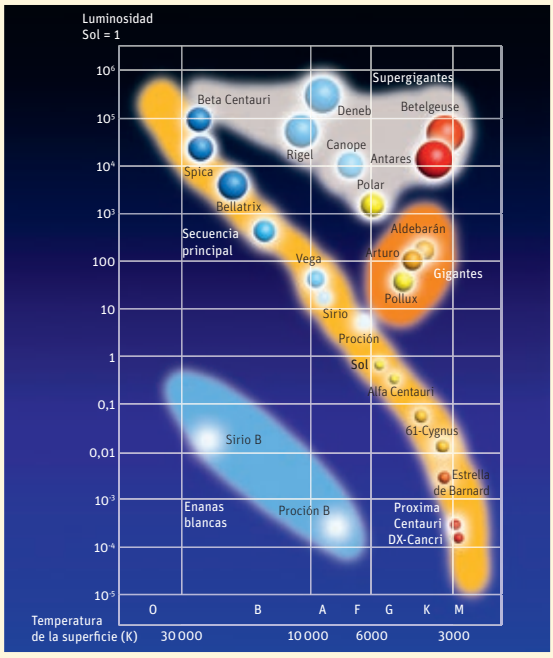
¿Son correctos los nombres asignados por Rodrigo? De no ser así, corrígelos.

Explica

2. Explica las similitudes y diferencias entre una nebulosa planetaria y una nebulosa formadora de estrellas.

Explica

3. En la siguiente imagen se muestra el diagrama H-R, de clasificación estelar.

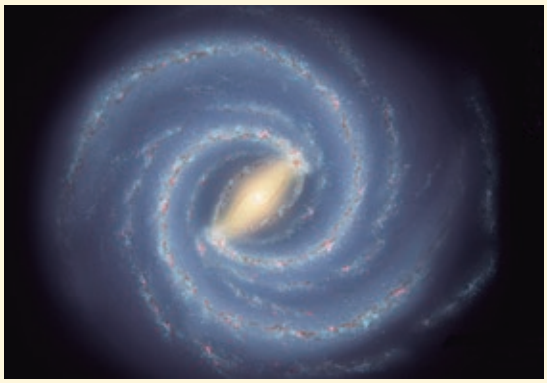


a. ¿En que lugar se sitúan las estrellas más luminosas?, ¿de qué tipo son?

b. ¿En que zona de gráfico se ubican las estrellas más frías?

Explica

4. En la siguiente imagen se muestra una galaxia espiral.



Responde las siguientes preguntas:

- **a.** ¿En qué región de este tipo de galaxias se concentra una mayor cantidad de materia?
- **b.** ¿En que zona se encuentran las estrellas más jóvenes?
- **c.** ¿Dónde se presume la existencia de un agujero negro supermasivo?

Explica

5. ¿Por qué los principales observatorios astronómicos del mundo se ubican en el norte de Chile?

Identifica

6. ¿Cómo se clasifican las galaxias según la secuencia de Hubble?

- **A.** Elípticas, lenticulares, espirales e irregulares.
- **B.** Esféricas, lenticulares, espirales e irregulares.
- **C.** Esféricas, lenticulares, barradas e irregulares.
- **D.** Elípticas, lenticulares, barradas e irregulares.
- **E.** Circulares, lenticulares, barradas y elípticas.

Explica

7. ¿Qué porción(es) del espectro electromagnético captan las antenas del telescopio ALMA? ¿En qué consiste le VLT (*Very Large Telescope*)?

¿Cómo vas?

Revisa tus respuestas en el solucionario y, según los resultados que hayas obtenido, marca con ✓ el nivel de desempeño correspondiente. Pídele ayuda a tu profesor o profesora.

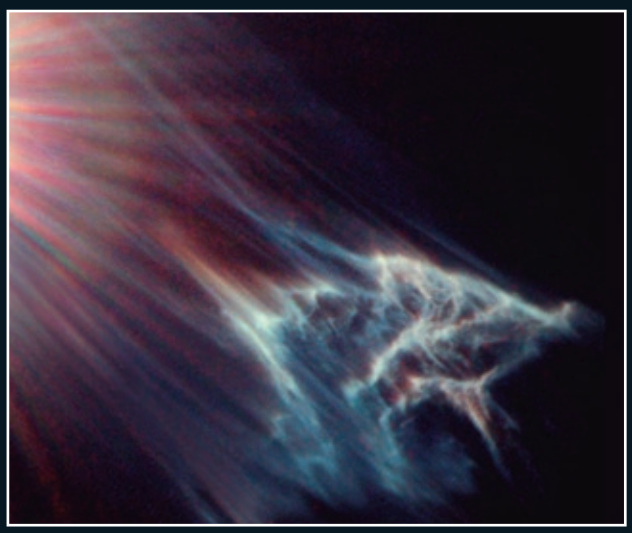
Indicador	Ítems	Habilidades	Nivel de desempeño
Reconocí las características de algunas de las estructuras presentes en el cosmos y cómo estas se clasifican.	1, 2, 3, 4 y 6	Evaluar, analizar, explicar e identificar.	**L**: cinco ítems correctos. ☐ **ML**: cuatro o tres ítems correctos. ☐ **PL**: dos o menos ítems correctos. ☐
Identifiqué algunos instrumentos de observación astronómica y reconocí las características privilegiadas del cielo del norte de Chile.	5 y 7	Explicar.	**L:** dos ítems correctos. ☐ **ML:** un ítem correcto. ☐ **PL:** ningún ítem correcto. ☐
L = Logrado; **ML** = Medianamente logrado; **PL** = Por lograr			

- Qué te llamó más la atención de la lección? Explica.
- ¿Pudiste responder alguna de las preguntas que declaraste al inicio de la unidad? De no ser así, ¿a qué lo atribuyes?
- ¿Qué actitudes, trabajadas en las diferentes actividades de la lección, crees que debes reforzar?

Fuerte VIENTO CÓSMICO barre el polvo interestelar de las GALAXIAS

El telescopio espacial Herschel ha detectado grandes tormentas de polvo que salen de varias galaxias. Ya hace algún tiempo que se creía que estas corrientes de viento cósmico podrían tener la fuerza suficiente como para despojar a las galaxias de parte del gas contenido en ellas. Este fenómeno podría detener, en algunas regiones de la galaxia, el proceso de formación de estrellas. Herschel ha detectado vientos de magnitudes extraordinarias; los más rápidos "soplan" a una velocidad de más de 1000 km/s (esto es, unas 10 000 veces más rápido que los huracanes terrestres). Este descubrimiento es de gran importancia, ya que las estrellas se forman a partir del gas y el polvo interestelar, por lo que estas corrientes podrían estar despojando a las galaxias de la materia prima requerida para la formación de nuevas estrellas.

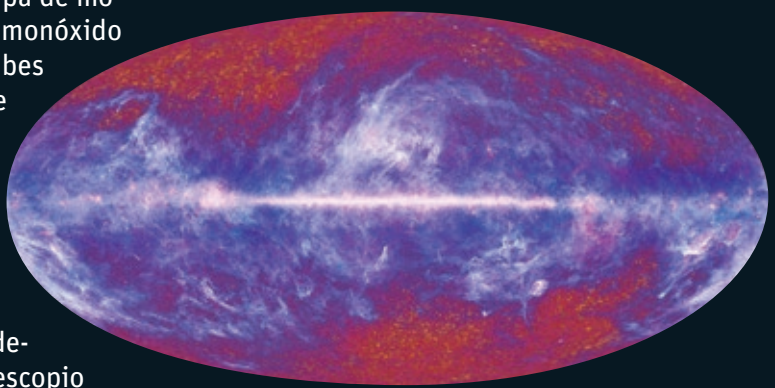
Se piensa que estas corrientes podrían ser el resultado de la intensa emisión de luz y partículas proveniente de las estrellas más jóvenes o de las ondas de choque generadas por la explosión de supernovas. Otra teoría propone que "los vientos" podrían tener su origen en la radiación desprendida por los enormes remolinos de materia originados en torno a un agujero negro en el centro galáctico.



Fuente: http://sci.esa.int/herschel/

El TELESCOPIO ESPACIAL PLANK comienza a trazar los planos del universo

La misión Planck de la ESA (Agencia Espacial Europea) ha revelado que nuestra galaxia contiene enormes regiones desconocidas de gas frío y una extraña bruma de microondas. Los resultados de la misión han permitido trazar el primer mapa de monóxido de carbono que cubre el cielo. El monóxido de carbono es un constituyente de las nubes frías que pueblan la Vía Láctea, las que se componen principalmente de moléculas de hidrógeno. Estas nubes proporcionan la reserva a partir de la cual se forman las estrellas. Por esta razón, el monóxido de carbono es utilizado por los astrónomos para rastrear las nubes de hidrógeno, las que son muy difíciles de detectar, ya que no emiten radiación. El telescopio espacial Planck resultó ser un excelente detector de monóxido de carbono, en comparación con los radiotelescopios que operan desde la Tierra, ya que estos últimos requieren mucho tiempo y están limitados a pequeñas porciones del cielo.

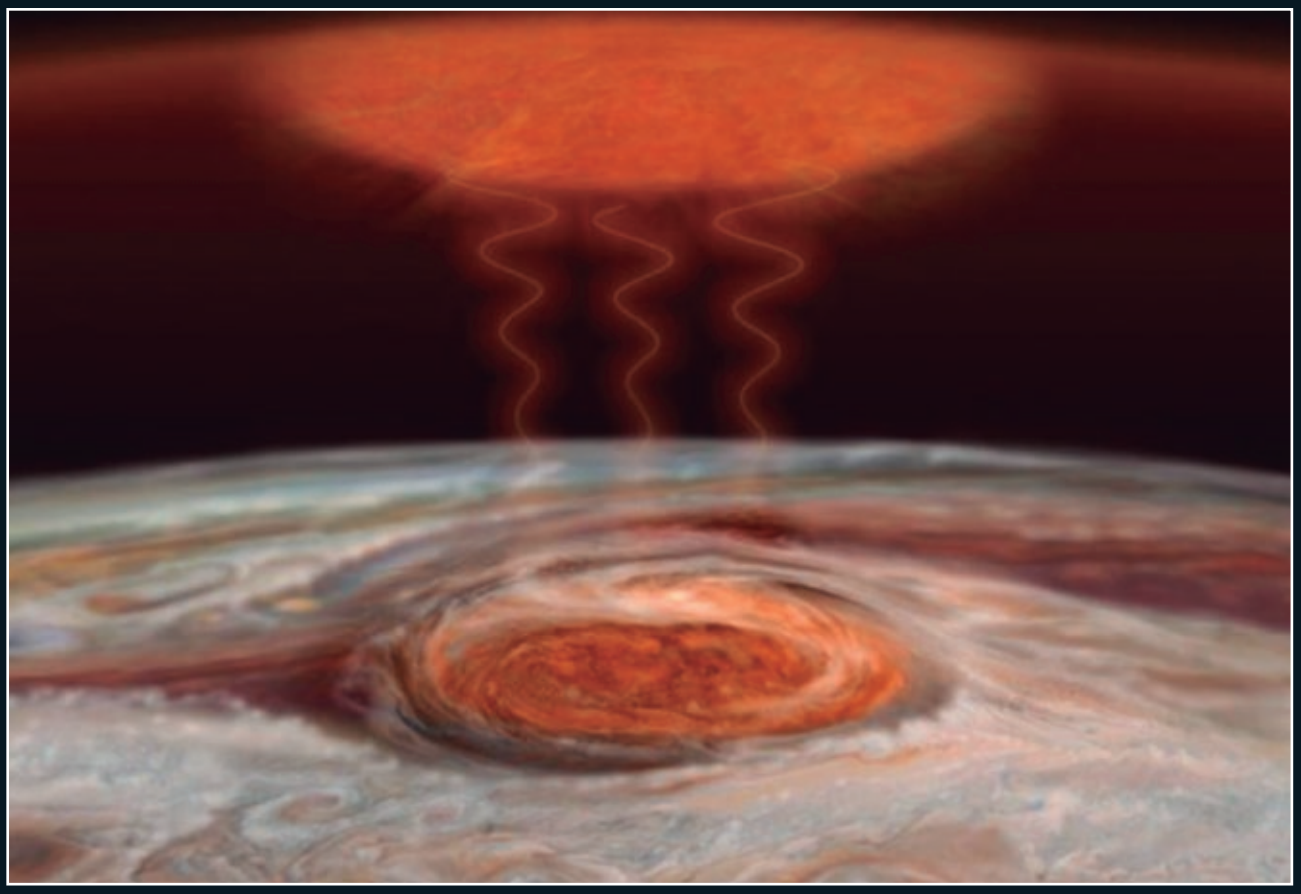


Fuente: http://www.astronoo.com/es/articulos/universo-planck.html

La gran mancha roja de JÚPITER

Una de las características más distintivas del planeta Júpiter es su gran mancha. Esta corresponde a un fenómeno atmosférico reciente (que se estima que se originó hace unos 300 años) y es originada por una gran tormenta. Científicos de la NASA se han mostrado sorprendidos por las altas temperaturas que parecen existir en la gran mancha. Desde hace décadas se sabía que la gran mancha de Júpiter era la tormenta más grande y persistente del sistema solar. Pero, además, se ha descubierto que la gigantesca mancha roja de Júpiter genera calor y turbulencia. Este calor eleva la temperatura de la atmósfera exterior del planeta.

De acuerdo con la investigación realizada por científicos de la Universidad de Leicester y de la Universidad de Boston, la gran mancha roja de Júpiter genera vientos que viajan a velocidades cercanas a los 560 km/h. Los expertos utilizaron un espectrómetro del telescopio infrarrojo de la NASA para poder crear un mapa de la mancha. De esta manera, pudieron conocer la distribución de la temperatura a lo largo de sus franjas y, descubrieron que elevaba la temperatura de la atmósfera hasta los 1600 K. Este flujo de energía explica, entre otras cosas, la persistencia de la gran tormenta de Júpiter.



Fuente: NASA

Reflexiona

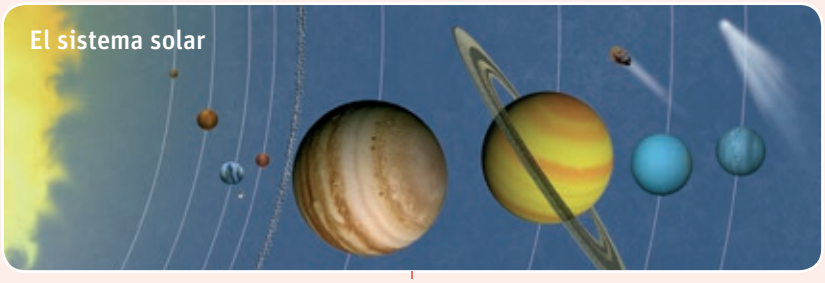
a. ¿Por qué es importante estudiar las diferentes estructuras del cosmos? Justifica.
b. ¿Piensas que en el futuro el ser humano podrá llegar hasta sistemas planetarios fuera del nuestro? ¿Qué tecnología nos podría ayudar a recorrer dichas distancias? Explica.
c. ¿Se podría emplear el viento interestelar como una forma de propulsión? Explica.

SINTETIZA tus aprendizajes

A continuación, se presenta una síntesis con las nociones esenciales, las habilidades y las actitudes desarrolladas a lo largo de la unidad.

Nociones esenciales

Lección 7: Observando el sistema solar



Además del Sol, está compuesto principalmente por:

Planetas

Son cuerpos que orbitan en torno al Sol y que poseen una masa que les permitió limpiar su vecindad de cuerpos menores.

Satélites naturales

Son cuerpos celestes que orbitan en torno a un planeta.

Planetas enanos

Al igual que un planeta, orbitan en torno al al Sol, pero su masa no les ha permitido limpiar su vecindad de cuerpos menores.

Asteroides y cometas

Los asteroides son fragmentos de rocas y metales, y los cometas son cuerpos formados por hielo, polvo, gases y moléculas orgánicas.

La Tierra

Es el tercer planeta desde el Sol y es el único conocido hasta el momento que alberga vida como la conocemos.

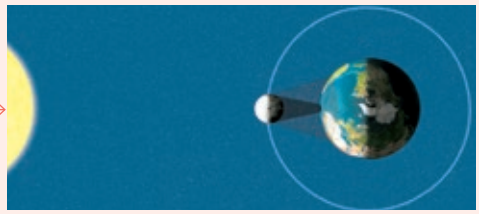
Esta experimenta movimientos de:

Rotación

Traslación

Debido a los movimientos relativos entre la Luna y la Tierra, se producen:

Eclipse de Sol



Eclipse de Luna

Habilidades y actitudes

Lección 7

Habilidad

A identificar problemas, hipótesis, inferencias y conclusiones en investigaciones científicas.

Actitud

A manifestar interés por conocer más la realidad.

Lección 8

Habilidad

A planificar una investigación experimental.

Actitud

A valorar la perseverancia, el rigor y la flexibilidad al desarrollar actividades.

Lección 8: La observación de las estructuras cósmicas

Algunas de las estructuras que componen el cosmos son:

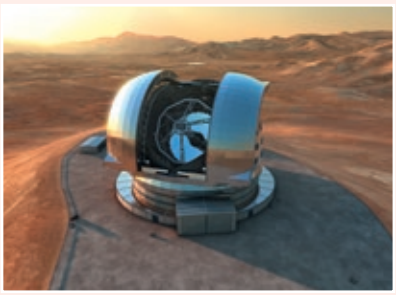
Galaxias

Nebulosa

Estrellas

Estas estructuras son observadas mediante:

Telescopios reflectores

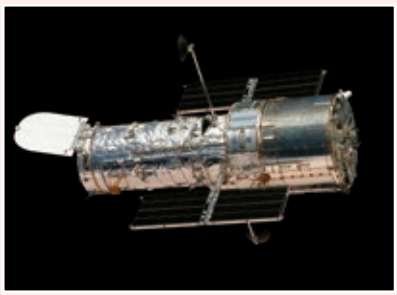


Están constituidos por un espejo principal que tiene la capacidad de captar luz muy tenue.

Radiotelescopios

Son instrumentos que captan ondas de radio o microondas, las que son convertidas mediante computadoras en imágenes.

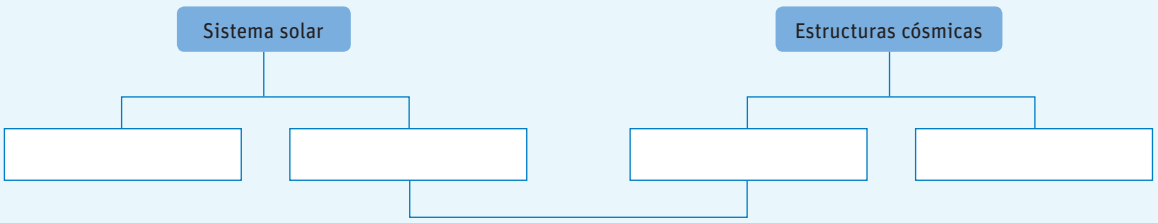
Telescopios espaciales



Se encuentran fuera de nuestro planeta para evitar las distorsiones generadas por la atmósfera.

Sintetiza

Para conocer otras formas de organizar y relacionar las nociones esenciales, revisa la página 238 del anexo y completa el siguiente organizador.



El esquema sugerido es solo referencial, puedes modificarlo añadiendo todas las ramas que consideres pertinentes.

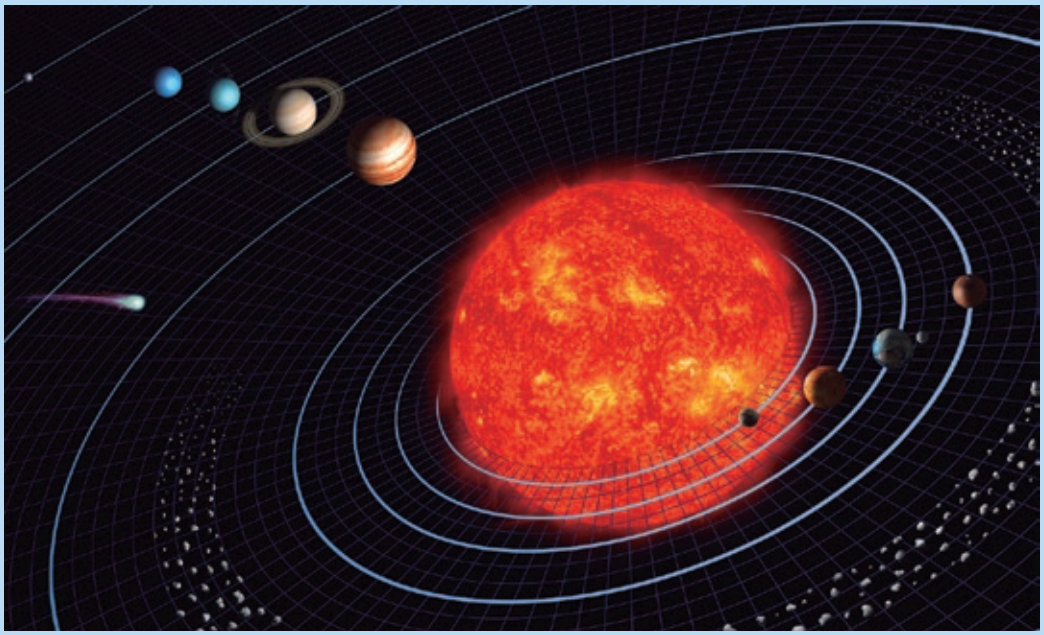
CONSOLIDA tus aprendizajes

Para que sepas cómo se han integrado tus conocimientos y tus habilidades, te invitamos a realizar las siguientes actividades.

Desarrolla tus conocimientos y habilidades

Lee y analiza la siguiente situación experimental. Luego, desarrolla los procedimientos (1 al 4) que se presentan a continuación.

Para comprender la forma en la que el sistema solar se organiza, Francisca y Roberto deciden construir un modelo que lo represente. Para ello, se basan en una imagen similar a la siguiente:



1. Explica

a. ¿Qué cuerpos celestes deberían ser parte del modelo que desean construir Francisca y Roberto?

b. ¿Qué planeta debería estar más cerca del Sol?, ¿cuál más lejos?

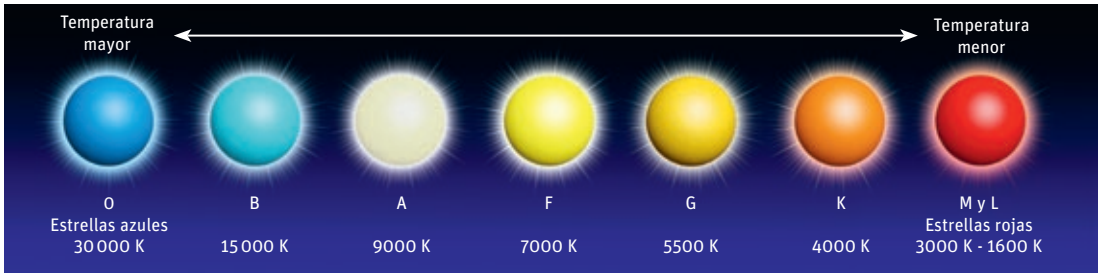
c. ¿Entre las órbitas de qué planetas deberían situar el cinturón de asteroides?

d. En la siguiente tabla, ordena los planetas según masa, aceleración de gravedad y temperatura media.

Menor ↓ Mayor	Masa	Aceleración de gravedad en su superficie	Temperatura media

2. Analiza

La estrellas se clasifican según su tipo espectral en O, B, A, F, G, K, M y L. Observa la siguiente imagen y, luego, a partir de la información contenida en ella, responde las preguntas.



a. ¿En qué tipo espectral se clasifica el Sol? ¿Cuál es su temperatura superficial?

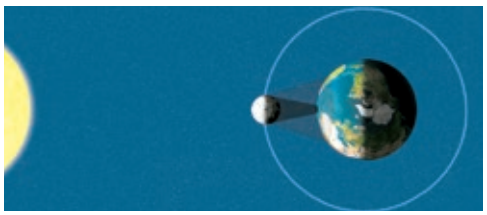
b. Considerando el espectro electromagnético estudiado en la *Lección 4*, ¿qué color transporta una mayor energía? ¿Se relacionará aquello con la temperatura superficial de una estrella?

c. ¿Qué piensas que ocurriría con nuestro planeta si en lugar del Sol hubiera una estrella del tipo O?

3. Aplica

Varios de los planetas del sistema solar presentan satélites naturales. Por ejemplo, la Tierra posee un satélite natural, la Luna. ¿Qué fenómeno se origina cuando el Sol, la Tierra y la Luna presentan las siguientes posiciones relativas?

a.



b.

4. Evalúa

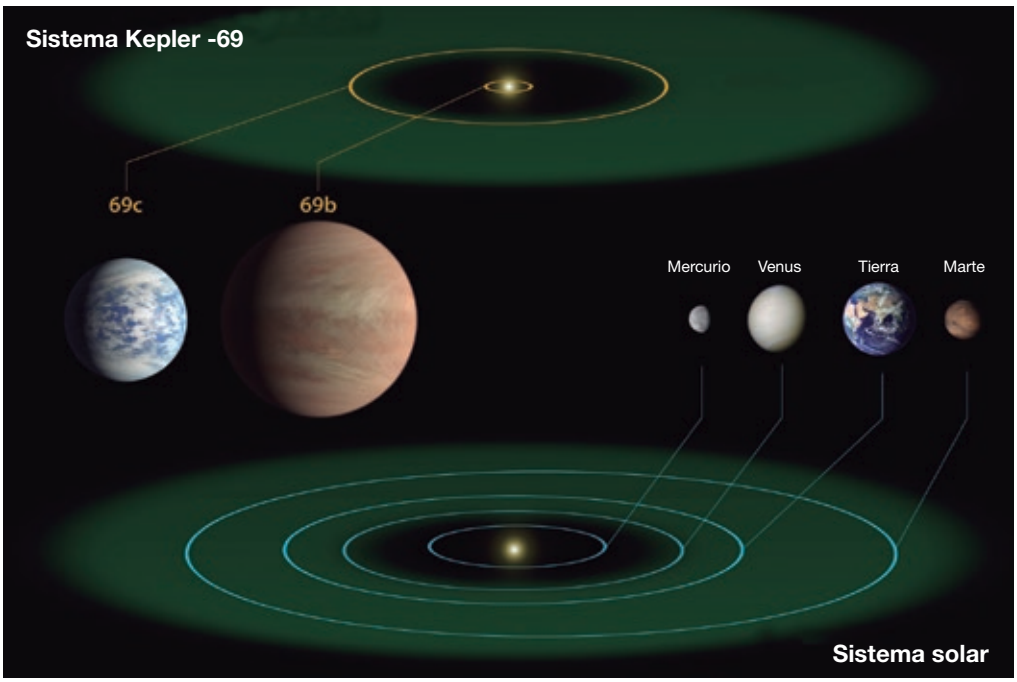
¿Qué dificultades relacionadas con las escalas, los tamaños y las distancias se pueden presentar al momento de construir un modelo del sistema solar?

Recurso digital complementario

Pon a prueba tus conocimientos y habilidades

Analiza

5. La siguiente imagen contiene una representación idealizada del sistema planetario Kepler-69, el que es comparado con el sistema solar.



A partir de la información contenida en la imagen, responde:

a. ¿Qué sistema presenta una mayor cantidad de planetas en la zona de habitabilidad?

b. ¿Puede albergar vida (tal como la conocemos) el planeta 69b? Argumenta.

c. Si el planeta Marte se encuentra en la zona de habitabilidad del sistema solar, ¿por qué las evidencias muestran que no alberga vida como la conocemos? Propón una explicación.

Evalúa

6. Respecto de los asteroides y los cometas, Carlos afirma lo siguiente:

> Un asteroide está formado principalmente por hielo, mientras que un cometa está constituido por roca.

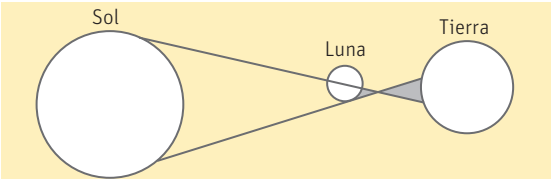
> La mayoría de los asteroides del sistema solar proceden de una región ubicada entre las órbitas de Marte y de Júpiter.

> Cuando un asteroide se acerca al Sol, el hielo del que está formado sublima, generando una espectacular cola.

¿Son correctas todas las afirmaciones realizadas por Carlos? De no ser así, corrige aquellas que no lo sean.

Analiza

7. ¿Qué tipo de eclipse se representa en el diagrama?



Explica

8. ¿Qué nebulosas se forman después de la explosión de una estrella?

Reconoce

9. ¿Cuál es el componente principal de un telescopio reflector?

A. El ocular.
B. Un prisma.
C. Un espejo cóncavo.
D. La lente divergente.
E. La lente convergente.

Identifica

10. ¿Cuál de los siguientes instrumentos capta ondas electromagnéticas en el espectro de las microondas?

A. El telescopio VLT.
B. El telescopio Kepler.
C. El telescopio Hubble.
D. El telescopio ALMA.
E. El observatorio Chandra.

Para cerrar

Revisa tus respuestas en el solucionario y, según los resultados que hayas obtenido, marca con ✓ el nivel de desempeño correspondiente. Pídele ayuda a tu profesor o profesora.

Indicador	Ítems	Habilidades	Nivel de desempeño
Reconocí los cuerpos celestes que conforman el sistema solar y expliqué sus características.	1, 4 y 6	Explicar y evaluar.	**L**: tres ítems correctos. ☐ **ML**: dos ítems correctos. ☐ **PL**: uno o ningún ítem correcto. ☐
Analicé algunas consecuencias del movimiento de la Tierra y la Luna.	3 y 7	Aplicar y analizar.	**L:** dos ítems correctos. ☐ **ML:** un ítem correcto. ☐ **PL:** ningún ítem correcto. ☐
Reconocí algunos objetos astronómicos que se encuentran fuera del sistema solar.	2, 5 y 8	Analiza y explica.	**L:** tres ítems correctos. ☐ **ML:** dos ítems correctos. ☐ **PL:** uno o ningún ítem correcto. ☐
Identifiqué las características de algunos instrumentos de observación astronómica.	9 y 10	Reconoce e identifica.	**L:** dos ítems correctos. ☐ **ML:** un ítem correcto. ☐ **PL:** ningún ítem correcto. ☐
L = Logrado; **ML** = Medianamente logrado; **PL** = Por lograr			

- ¿Qué conceptos te resultaron más fáciles de trabajar?, ¿a qué lo atribuyes?
- ¿Qué conceptos y habilidades es necesario que fortalezcas?, ¿qué estrategias emplearías para ello?
- ¿Cumpliste con todas las metas que te propusiste al inicio de la unidad?, ¿qué meta(s) no pudiste alcanzar?

Unidad 1: EL SONIDO Y LAS ONDAS

Inicio de unidad (Página 11)

1. El sonido se propaga de forma tridimensional.
2. Se propaga energía, en forma de una onda superficial.
3. La contaminación acústica corresponde al exceso de sonido, que altera las condiciones normales del ambiente.

Activa tus aprendizajes previos (Páginas 12 a 14)

Contaminación acústica (Página 12)

- Algunos conceptos relacionados con la noticia son: contaminación acústica, decibel, ruido, intensidad sonora y audición.
- Otras nociones que permiten comprender la noticia son la fisiología del oído y los efectos que tiene en la salud la contaminación acústica.
- Emplear cortinaje grueso, aislar mediante termopaneles y sellar posibles aberturas.

Los efectos del sonido (Página 13)

Algunas predicciones que se pueden formular son: Los trozos de plumavit® se agitarán al momento de emitir sonido con el silbato; los trozos de plumavit® vibrarán en torno a una posición fija.

Reacción en cadena (Página 13)

Algunos conceptos físicos involucrados en la experiencia descrita son: energía, oscilación, onda y período.

¿Cómo representar datos? (Página 14)

Lo más conveniente es graficar la información en un histograma o gráfico de dispersión. En este, se puede asignar como variable independiente a la tensión y como dependiente la frecuencia.

Lección 1: FENÓMENOS ONDULATORIOS

Me preparo para aprender (Página 16)

a. Algunos conceptos asociados al movimiento del corcho son: ondulaciones, perturbación, pulsos, frecuencia, energía, intensidad y amplitud.

Actividad: ¿De qué manera se puede propagar el sonido? (Página 19)

a. En este caso, la dirección de vibración y la de propagación es la misma.

b. En este caso, la dirección de vibración y la de propagación son perpendiculares.

c. En el primer caso, un fenómeno ondulatorio asociado es el sonido; en el segundo caso, un fenómeno ondulatorio asociado es una onda propagándose en una cuerda o sobre la superficie del agua.

d. Algunas preguntas interesantes de responder y asociadas a la actividad pueden ser: ¿qué es lo que se propaga en el resorte?, ¿de qué depende la velocidad de propagación de los pulsos?

Sintetiza y clasifica (Página 21)

	Mecánica	Electromagnetismo	Transversal	Longitudinal
1	✓		✓	
2	✓		✓	
3	✓			✓

	Unidimensional	Bidimensional
1	✓	
2		✓
3	✓	

Taller de estrategias: Desafío (Página 25)

1. f = 3,33 Hz; T = 0,3 s
2. a. Para determinar el período y la rapidez de propagación, Andrea debe emplear la siguiente expresión: $v = \lambda / T$.
   b. T = 0,16 s; v = 12 m/s
3. La respuesta correcta la obtuvo Natalia.
4. f = 0,625 Hz; T = 1,6 s; v = 0,25 m/s

Taller de ciencias (Páginas 26 y 27)

Análisis e interpretación de resultados

a. Se propagaron como una onda superficial, describiendo círculos concéntricos en el agua.

b. Los frentes de ondas fueron rectos (similares a líneas paralelas). Al incidir sobre el borde de la cubeta, dichas características se conservaron, pero cambió su sentido de propagación.

c. La dirección en la que se propagó la onda reflejada fue perpendicular a la superficie del obstáculo. Es decir, de forma diagonal dentro de la cubeta.

d. Se originó un nuevo foco emisor de ondas. Esto ocurre por el fenómeno de difracción.

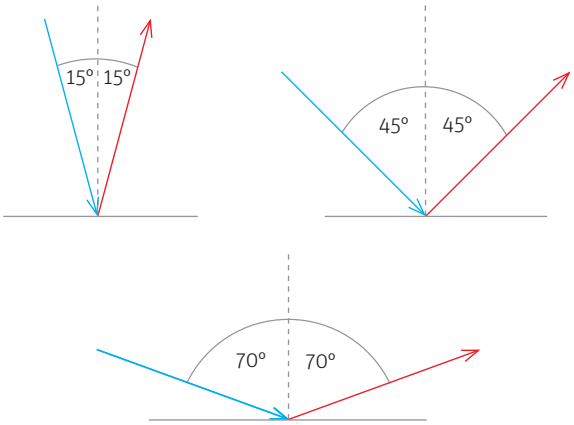
Conclusiones y evaluación

a. El sentido se modifica y la dirección de propagación cambia en ciertas ocasiones.

b. Tanto el sonido como la luz se reflejan al encontrar obstáculos. Por esta razón, por ejemplo, podemos ver reflejada nuestra imagen en un espejo o apreciar fenómenos como el eco.

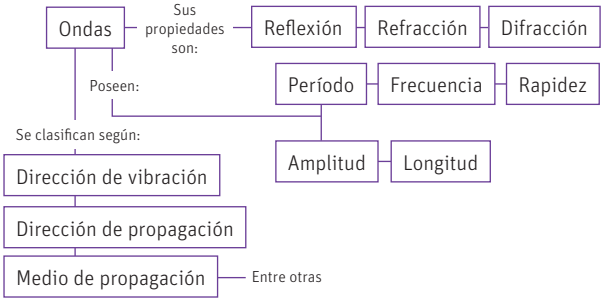
c. Algunas respuestas a esta pregunta pueden ser: modificar el tamaño de la cubeta, de forma de observar de mejor manera los fenómenos ondulatorios, o bien, mejorar las condiciones de luminosidad del entorno.

Representa y predice (Página 28)



Sintetiza (Página 29)

Si bien un mapa conceptual es una construcción individual, una posible solución es:



Integra tus nuevos aprendizajes (Páginas 30 y 31)

1. a. T = 0,66 s; f = 1,5 Hz
   b. La onda se clasifica en unidimensional, transversal, mecánica y viajera.
2. La longitud de onda es el doble de la amplitud.
3. En el problema, Francisca utiliza un valor incorrecto de la longitud de onda. Al emplear el valor adecuado, la velocidad de la onda es de 2 m/s.
4. La clasificación realizada por Diego no es totalmente correcta. La clasificación adecuada es:

I	Mecánica	Bidimensional	Viajera
II	Mecánica	Tridimensional	Viajera
III	Mecánica	Unidimensional	Viajera

Remediales y actividades según tu nivel de desempeño	
Nivel de desempeño	Actividad sugerida
Logrado	Realiza las actividades que te indicará tu profesora o profesor.
Medianamente logrado	Realiza nuevamente las actividades de las páginas 21 y 25.
Por lograr	Realiza nuevamente las actividades de las páginas 21, 25 y 28.

Lección 2: EL SONIDO

Me preparo para aprender (Página 32)

a. Algunas nociones estudiadas anteriormente y que permitirán integrar los nuevos aprendizajes son el concepto de onda y las características y las propiedades de estas.

Investiga y comunica (Página 35)

La temática propuesta en la investigación tiene muchas posibilidades de desarrollo. Desde investigar el rango de la audición de diferentes especies animales, hasta la fisiología de los órganos auditivos de estas. Por ejemplo, insectos como las cucarachas poseen una serie de vellosidades que les permiten detectar las ondas sonoras; y los gusanos, al no tener oídos, captan las vibraciones sonoras a través de su cuerpo.

Actividad: ¿Cuál es mi rango de audición? (Página 36)

a. El valor medio obtenido por en curso, para el rango superior, debería estar entre los 16 y 18 kHz y para el inferior entre los 20 y 35 Hz.

b. La capacidad auditiva se pierde con la edad. El rango auditivo superior es el primero que se pierde con los años.

c. Debido a que las células ciliadas, receptoras de los sonidos agudos, se encuentran en la parte más externa de la cóclea.

d. No escuchar música con un volumen demasiado alto (empleando audífonos) y no exponerse por tiempo prolongado a un ambiente con mucho ruido.

Pie de tabla (Página 37)

- La especie que posee un rango auditivo más amplio es el murciélago y la que tiene un rango más reducido es la tortuga.

Detección de infrasonidos en Chile (Página 37)

Las respuestas a esta pregunta pueden ser variadas. Se espera que se releve la importancia de este tipo de estaciones, considerando que nuestro país presenta una alta actividad volcánica.

Actividad: Observando el sonido (Página 38)

a. Se debería observar una oscilación estable.

b. El tamaño de la figura aumenta.

c. El tamaño de la figura es proporcional a la intensidad del sonido emitido.

Actividad: ¿Qué relación existe entre la frecuencia y el tono? (Página 40)

a. La regla vibra con menor frecuencia cuando la sección sobresaliente es mayor. En este caso el sonido es más grave.

b. La regla vibra con mayor frecuencia cuando la sección sobresaliente es menor. En este caso el sonido es más agudo.

c. Una frecuencia mayor de vibración genera un sonido más agudo y una frecuencia baja de vibración genera un sonido grave.

Sintetiza y clasifica (Página 41)

Situación 1	Presentan igual intensidad
Situación 2	Presentan igual tono y timbre pero diferente intensidad.
Situación 3	Presentan igual intensidad y tono pero diferente timbre.

Actividad: Imagen y el sonido (Página 42)

a. Algunos conceptos son: el sonido, propagación de una onda sonora y rapidez, entre otros.

b. En este caso, el sonido y la imagen del globo reventándose se perciben de manera simultánea.

c. La velocidad de la luz es muy superior a la del sonido.

Pregunta presente en el último párrafo (Página 43)

La rapidez del sonido es menor en el caucho que en el aire, debido a que la estructura molecular de este absorbe gran parte de la energía asociada a su propagación.

Desafío (Página 43)

Aproximadamente 37,5 °C.

Taller de ciencias (Páginas 44 y 45)

Análisis e interpretación de resultados

a. Se reflejó mejor en el azulejo y peor en la esponja.

b. El que reflejó peor el sonido es poroso, en cambio, aquellos que mejor lo reflejaron eran lisos y rígidos.

c. Mientras mayor es la capacidad de un material para absorber un sonido, menor será su capacidad para reflejarlo, y viceversa.

d. Si los ángulos hubieran sido diferentes el sonido no se habría reflejado con igual eficiencia.

Conclusiones y evaluación

a. Cuando el sonido es absorbido por un material, parte de la energía que transporta se transmite y disipa en el material.

b. Este punto depende de la hipótesis propuesta por los estudiantes.

c. Algunas posibles mejoras son: realizar la experiencia en un lugar donde el nivel de ruido ambiental sea bajo, o bien, estudiar la capacidad de absorber o reflejar el sonido en una cantidad mayor de materiales.

d. Algunas variables no consideradas pueden ser el ángulo de inclinación de los tubos, el nivel de intensidad sonora del reloj despertador, la capacidad auditiva de los integrantes del grupo, etc.

Actividad: Percibiendo el fenómeno de resonancia (Página 48)

a. Se debería percibir que el diapasón vibra, emitiendo un leve sonido.

b. Debido a que la frecuencia natural del diapasón que no vibra es igual a la del que sí lo hace. Este fenómeno es conocido como resonancia.

c. No sucedería lo mismo.

Actividad: ¿Cómo se percibe el sonido de una fuente en movimiento? (Página 50)

a. Se debería percibir una variación en el tono del sonido.

b. Se debe a que la frecuencia aumenta cuando una fuente sonora se acerca a un receptor y disminuye cuando se aleja de este.

c. Por ejemplo, cuando un automóvil o ambulancia pasa rápidamente frente a uno.

Sintetiza (Página 53)

Si bien, un mapa conceptual es una construcción individual, el que se solicita debe incluir nociones como las características y las propiedades de las ondas sonoras, así como los componentes fisiológicos asociados a su percepción.

Reflexiona (Página 55)

Las respuestas a esta pregunta pueden ser diversas. Sin embargo, es importante hacer notar que la sociedad de una determinada época determina aspectos culturales, dentro de los que se encuentran el arte, la ciencia y la tecnología.

Integra tus nuevos aprendizajes (Páginas 56 y 57)

1. Como la frecuencia del sonido A es menor que la de B, Fernando podría afirmar, solo a partir de los gráficos, que el sonido B es más agudo.

2. a. El sonido sí se encuentra en el rango de audición humano.

   b. $T = 0{,}005\,\text{s}$; $\lambda = 1{,}775\,\text{m}$

3. No todos los ejemplos entregados por Verónica son correctos. El ejemplo del fenómeno de absorción corresponde a uno de reflexión y, el de reflexión corresponde a uno de absorción.

4.

Criterio	Clasificación	
Medio de propagación	Electromagnética	Mecánica
		✓
Forma de propagación	Longitudinal	Transversal
	✓	

5. El parámetro que le permitirá disponer de una mayor cantidad de notas musicales al instrumento de Sebastián es la cantidad de frecuencias disponibles.

6. El dispositivo debería emplear algún tipo de ondas que puedan atravesar la gruesa corteza congelada de Europa. Estas pueden ser rayos X o radiación gamma, debido a su alto poder de penetración.
7. a. Que la su frecuencia natural sea la misma que la del diapasón A.
   b. El fenómeno se denomina resonancia.

Remediales y actividades según tu nivel de desempeño	
Nivel de desempeño	Actividad sugerida
Logrado	Realiza las actividades que te indicará tu profesora o profesor.
Medianamente logrado	Realiza nuevamente las actividades de las páginas 41 y 43.
Por lograr	Realiza nuevamente las actividades de las páginas 41, 43 y 53.

Consolida tus aprendizajes (Páginas 62 a 65)

1. a. Debido a que la estructura de la botella vibra, haciendo vibrar también las moléculas de aire a su alrededor.
   b. El sonido se transmite como una onda de presión (longitudinal).
   c. Una onda sonora se clasifica como mecánica, longitudinal y tridimensional.
2. a. La frecuencia aumenta, esto se debe a que la longitud de la cavidad que vibra disminuye.
   b. La longitud de onda disminuye.
   c. $\lambda = 0{,}85\,\text{m}$
3. a. En una zampoña, a medida que disminuye la longitud de la cavidad de la caña, aumenta la frecuencia del sonido.
   b. En un xilófono, a medida que disminuye la longitud de la barra, aumenta la frecuencia en la que esta vibrará.
4. a. Utilizar un mayor número de botellas y de diferentes tamaños.
   b. A menor longitud de la cavidad L, la frecuencia del sonido es mayor.
5. En las habitaciones I y III. Esto se debe a que la diferencia de temperatura en cada una de ellas hace que la densidad del aire varíe y, con ello, el sonido que se propaga en su interior se refracta.
6. a. La onda B tiene una mayor amplitud y una menor longitud de onda.
   b. $T_A = 0{,}00028\,\text{s}$ y $f_A = 3571\,\text{Hz}$; $T_B = 0{,}00018\,\text{s}$ y $f_B = 5555\,\text{Hz}$.
7. La característica que le permite identificar los dos instrumentos es el timbre. Este se debe a los armónicos que acompañan a las frecuencias propias de cada instrumento.
8. En el punto P, debido a que la reflexión se produce en un ángulo de 45° en cada muro de la habitación.
9. La onda S tiene una mayor intensidad, debido que posee una mayor amplitud. Es importante señalar que esto se cumple solo si la frecuencia de ambas ondas es la misma.
10. Debido a que la luz viaja mucho más rapído que el sonido.
11. a. 12 cm
    b. 3,75 cm
    c. 0,0035 s

Remediales y actividades según tu nivel de desempeño	
Nivel de desempeño	Actividad sugerida
Logrado	Realiza las actividades que te indicará tu profesora o profesor.
Medianamente logrado	Realiza nuevamente las evaluaciones de las páginas 30 y 56.
Por lograr	Realiza nuevamente las actividades de las páginas 25, 28, 41, 43 y 53. Además, las evaluaciones de las páginas 30 y 56.

Unidad 2: LA LUZ

Inicio de unidad (Página 67)

Las respuestas pueden ser diversas. Sin embargo, algunas orientaciones a las respuestas son:

1. Debido a que se refleja en la superficie del agua, esto genera una reflexión directa y la imagen del volcán se invierte.
2. Ocurre cuando un rayo de luz blanca incide en un ángulo distinto de 0° sobre una gota de agua atmosférica, haciendo que este se refracte y se refleje.
3. Algunos instrumentos ópticos son los binoculares, la cámara fotográfica de la tablet, los anteojos y los focos del auto.

Activa tus aprendizajes previos (Páginas 68 a 70)

Contaminación lumínica en Chile (Página 68)

- Algunas nociones presentes en la noticia son: contaminación lumínica, difusión de la luz y propagación de la luz, entre otros.
- La pérdida de la visibilidad de los cielos nocturnos y la posible alteración en el ciclo biológico de las personas.

Telescopio de espejo líquido en la Luna (Página 69)

Algunos conceptos presentes en el texto son: reflexión, espejo, telescopio y espejo parabólico.

¿Cómo se mueve la luz? (Página 69)

Una probable hipótesis es: "la luz es conducida al interior de la fibra óptica, debido a múltiples reflexiones que se producen en su interior".

Analizando procedimientos científicos (Página 70)

Pamela y Felipe deberían repetir el experimento y/o tratar de encontrar una explicación.

Lección 3: ¿QUÉ ES Y CÓMO SE COMPORTA LA LUZ?

Me preparo para aprender (Página 72)

a. Algunos conceptos son: propagación de la luz, fuente luminosa y propagación rectilínea.

b. La reflexión, la refracción, la difracción, entre otras.

Sintetiza y reflexiona (Página 75)

- Primer punto
  - a. Huygens planteaba con su modelo que la luz se comportaba como una onda, debido a su propagación y a que experimentaba reflexión. Es importante mencionar que Huygens pensaba que la luz era una onda longitudinal, igual que el sonido. Newton planteaba con su modelo que la luz estaba compuesta por pequeñas partículas (corpúsculos).
  - b. En el caso del modelo de Huygens, este explicaba la propagación y la reflexión de la luz; en el caso del modelo de Newton, este explicaba la propagación y la reflexión, pero no pudo explicar satisfactoriamente la refracción y la difracción.
- Segundo punto
  - a. El conocimiento en ciencias es el resultado del trabajo colaborativo de pensadores y científicos. Muchos de los aportes de estos, han trascendido su época y sus estudios han sido continuados por otros científicos.
  - b. El modelo dual es el resultado de siglos de investigaciones y estudios, por lo que no podría haber surgido sin los estudios que lo precedieron.
  - c. La concepción de la luz de Maxwell es de una onda electromagnética. Si bien la mecánica cuántica recoge dicha noción, también integra aspectos del modelo corpuscular, propuesto inicialmente por Newton, pero reintroducido por Einstein, Millikan y Bohr, entre otros.
- Tercer punto

  El francés Hippolyte Fizeau dejaba pasar un rayo de luz por una rueda dentada desde una cierta distancia hasta un espejo, en donde este se refleja y vuelve, haciendo una estimación de la rapidez de la luz de 313 000 km/s. También es posible determinar la rapidez de la luz colocando una lámina de queso en un microondas (sin que gire el plato) y luego medir la distancia que hay entre las zonas de la lámina elevadas y quemadas. Utilizando este dato y la frecuencia del microondas se obtiene la rapidez de la luz.

Taller de estrategias (Página 79)

Aplicación y práctica

a. Una imagen nítida se consigue cuando la habitación en donde se encuentra la caja está en penumbras y se dirige el agujero de la cámara hacia una fuente de luz, como una ventana.

b. El fenómeno involucrado es la propagación rectilínea de la luz.

c. Porque una vez que los haces de luz atraviesan el agujero, continúan viajando en línea recta. De este modo, un haz de luz que proviene de la parte superior del objeto pasará por el orificio y llegará a la parte inferior de la pantalla de la caja. Del mismo modo, un haz proveniente de la parte inferior del objeto pasará por el agujero y llegará a la parte superior de la pantalla de la caja, formándose una imagen invertida.

d. Para lograr que la imagen se vea derecha se puede utilizar una lente convergente.

Reflexiona (Página 80)

Las evidencias y su obtención forman parte fundamental del proceso científico.

Actividad: ¿Qué sucede con un rayo de luz cuando llega a un espejo? (Página 81)

a. Una línea recta.

b. El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

Actividad: ¿Por qué al sumergir una cuchara en un vaso con agua, su imagen se distorsiona? (Página 82)

a. La trayectoria se mantuvo inalterada.

b. Distinto.

c. La imagen de una cuchara se distorsiona debido a que la luz cambia de dirección.

Actividad: ¿Cómo se puede observar la difracción de la luz? (Página 83)

a. Se debería observar una serie de franjas verticales en la luz que pasa a través de los dedos.

b. Algunas preguntas que pueden surgir son: ¿por qué sucede este fenómeno?, ¿cómo se explica la presencia de las franjas?

c. El fenómeno se explica debido a la difracción que experimenta la luz al pasar a través de los dedos. La aparición de las franjas se debe a la alternancia entre las zonas de interferencia destructiva y constructiva.

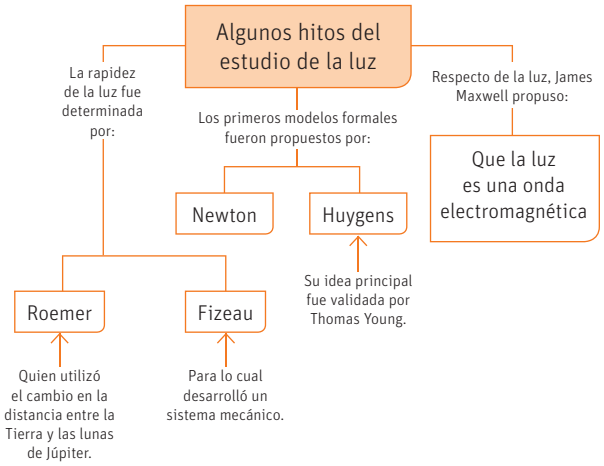
Integra y sintetiza (Página 85)

- Si bien un mapa conceptual es una construcción individual, el que se solicita debe incluir nociones como la evolución de los modelos explicativos de la luz, el espectro electromagnético y las propiedades ondulatorias de la luz.

- Respecto de las propiedades comunes entre el sonido y la luz, ambas son ondas viajeras que experimentan reflexión, refracción y difracción. Sin embargo la luz, a diferencia del sonido, es una onda transversal, por lo que experimenta el fenómeno de polarización. Además, la luz no requiere de un medio material para propagarse.

Integra tus nuevos aprendizajes (Páginas 86 y 87)

1. La imagen de la bombilla se distorsiona en el agua debido a la refracción que experimenta la luz.
2. Ambos modelos explican la naturaleza de la luz, y fenómenos como la propagación rectilínea y la reflexión. Sin embargo, el modelo propuesto por Newton plantea que la luz está conformada por pequeñas partículas y el de Huygens, que la luz es una onda.
3. Juan debe iluminar sobre el punto A, para que Martina observe la luz reflejada en la superficie.
4. Cristián se equivocó al completar la tabla, dado que la luz no es una onda longitudinal, sino que transversal. Además, le faltó mencionar que la luz es una onda viajera, tridimensional y que experimenta difracción y polarización.
5.



Remediales y actividades según tu nivel de desempeño	
Nivel de desempeño	**Actividad sugerida**
Logrado	Realiza las actividades que te indicará tu profesora o profesor.
Medianamente logrado	Realiza nuevamente las actividades de las páginas 75 y 80.
Por lograr	Realiza nuevamente las actividades de las páginas 75, 80 y 85.

Lección 4: LA LUZ Y ALGUNAS DE SUS APLICACIONES

Me preparo para aprender (Página 88)

a. Algunos conceptos presentes en el procedimiento son: propagación rectilínea de la luz y refracción.

b. Porque dicho rayo de luz no está compuesto por más colores.

Investiga (Página 89)

Los filtros de colores son superficies transparentes, de vidrio o papel celofán, que se ubican entre el objeto y el observador para que absorban la luz de determinadas frecuencias.

Actividad: ¿Qué cambios experimenta la imagen de un objeto cuando se refleja en un espejo curvo? (Página 91)

a. Al reflejar la imagen en el lado convexo de la cuchara, la imagen que se obtiene es virtual, más pequeña y derecha respecto del objeto. Al reflejarse por el lado cóncavo es posible observar más de una situación. En una de ellas (cuando la persona se sitúa lejos de la cuchara) la imagen que se forma es real, más pequeña e invertida respecto del objeto.

b. Los rayos de luz reflejados sobre la cuchara, cuando está por la cara cóncava, se invierten.

Taller de estrategias (Páginas 92 y 93)

Página 92

a. Es un punto del eje principal en el que se intersecan los rayos que se reflejan en la superficie curva del espejo.

b. Centro de curvatura, eje principal u óptico, vértice del espejo, radio de curvatura.

Aplicación y práctica

a. La mayoría de los haces de luz reflejados convergen en un mismo punto. Sin embargo, puede darse el caso de que algunos de ellos no converjan debido a que la curvatura del espejo no es perfecta, ya que está formado por una serie de pequeños espejos planos.

b. Un espejo, perfectamente curvo, tiene un único punto focal.

c. El ancho de los espejos influye de manera significativa en la ubicación precisa del punto focal. Mientras más angostos sean los espejos, el punto focal podrá ser localizado más fácilmente.

d. Dos posibles mejoras en la actividad son disminuir el ancho de los espejos planos y aumentar el radio de curvatura del espejo compuesto.

Aplica (Página 94)

a. El procedimiento que deben realizar Fernanda y Sebastián es el trazado de rayos notables.

b.

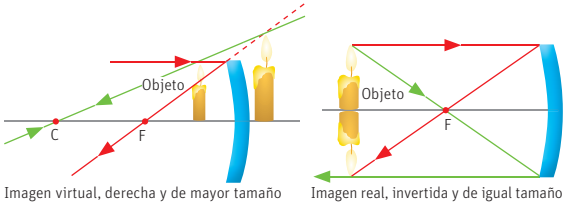


Imagen virtual, derecha y de mayor tamaño

Imagen real, invertida y de igual tamaño

Crea (Página 97)

En la posición I se debe ubicar una lente convergente y en la posición II uno divergente.

Desafío (Página 99)

La imagen tendría que estar situada a 2f a la derecha de la lente. Su orientación debería ser derecha y su tamaño tendría que ser el mismo que el del objeto.

Página 101

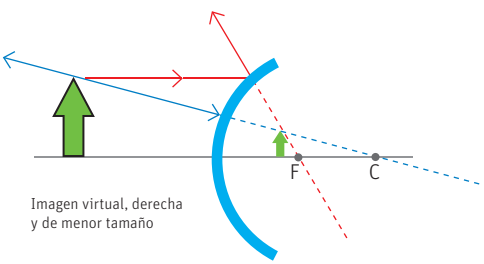
Un proyector es un dispositivo que dispara un haz de sobre una pantalla o superficie formando una imagen. La fibra óptica es un instrumento óptico que consiste en una fibra de varilla o material transparente con un alto índice de refracción que se utiliza para transmitir la luz.

Investiga y sintetiza (Página 103)

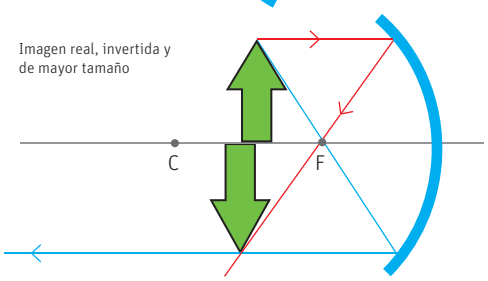
- Existen muchas especies animales que perciben en un espectro diferente al de los humanos. Por ejemplo, las serpientes pueden percibir en el espectro infrarrojo e insectos, como las abejas, perciben en espectro ultravioleta. Es importante que la investigación dé cuenta no solo del espectro en el que la especie animal percibe "la luz", sino tambien de las características de su órgano receptor de este tipo de radiación electromagnética.
- Si bien un mapa conceptual es una construcción individual, el que se solicita debe incluir nociones como la formación de colores, la formación de imágenes en espejos y lentes y las principales aplicaciones de este tipo de tecnología.

Integra tus nuevos aprendizajes (Páginas 104 y 105)

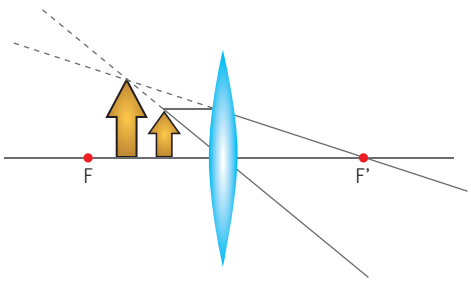
1. Viviana observará la imagen en el punto C.
2. La explicación dada por Edgardo a su hermano es incorrecta. La explicación correcta es que la hoja absorbe todos los colores del espectro, excepto el color verde, el cual es reflejado.
3. Alternativa B.
4. a.



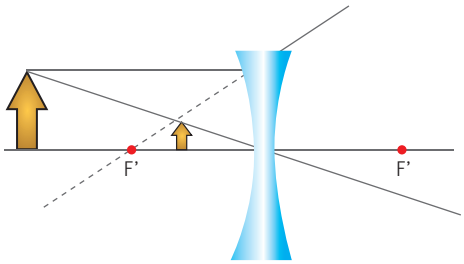
b.



5. a.



b.



Remediales y actividades según tu nivel de desempeño	
Nivel de desempeño	**Actividad sugerida**
Logrado	Realiza las actividades que te indicará tu profesora o profesor.
Medianamente logrado	Realiza nuevamente las actividades de las páginas 94 y 97.
Por lograr	Realiza nuevamente las actividades de las páginas 94, 97, 99 y 103.

Consolida tus aprendizajes (Páginas 110 a 113)

1. a. La luz es una onda transversal que se propaga en forma rectilínea.
   b. Debido a la refracción, esto sucede debido a un cambio en la velocidad de luz.
   c. El índice de refracción corresponde a un valor adimensional que depende de las características específicas de un medio por el cual se propaga la luz.
2. a. El ángulo de refracción es mayor que el ángulo de incidencia.
   b. La relación entre el ángulo de incidencia y el ángulo de refracción no es lineal.
3. a. $2{,}25 \cdot 10^8$ m/s
   b. $n = 5$
4. a. Se puede decir que los datos fueron registrados con rigurosidad, ya que permiten establecer una conclusión entre dos variables.
   b. Esto se debe a que el rayo es reflejado íntegramente por la superficie interna del volumen de agua.
5. Sobre el punto S.
6. La respuesta de Fernanda es incorrecta. El orden correcto es: $V_A > V_V > V_D$.
7. La imagen corresponderá a la figura Y.

8. La mamá de Joaquín tiene miopía, por lo que necesita utilizar unas gafas con cristales divergentes.
9. La imagen siempre será virtual, de menor tamaño que el objeto y en orientación derecha.
10. a. Una lente convergente.
    b. Entre el foco y la lente.

Remediales y actividades según tu nivel de desempeño	
Nivel de desempeño	Actividad sugerida
Logrado	Realiza las actividades que te indicará tu profesora o profesor.
Medianamente logrado	Realiza nuevamente las evaluaciones de las páginas 86 y 104.
Por lograr	Realiza nuevamente las actividades de las páginas 75, 94, 97. Además, las evaluaciones de las páginas 86 y 104.

Unidad 3: EL DINAMISMO DE LA TIERRA

Inicio de unidad (Página 115)

1. Debido a que se encuentra en las cercanías al límite convergente de dos placas tectónicas.
2. El cartel en el que señala una vía de evacuación en caso de producirse un tsunami.
3. La respuesta a esta pregunta depende de cada estudiante.

Activa tus aprendizajes previos (Páginas 116 a 118)

Terremoto en Nepal (Página 116)

- Algunos conceptos relacionados con los sismos y que aparecen en la noticia son: magnitud, hipocentro, epicentro, actividad sísmica y placas tectónicas.
- Los procesos tectónicos que ocurren en la región de Nepal y en las cercanías de Chile son similares. Ambos países se encuentran muy próximos a un límite convergente, en donde ocurre un proceso de subducción.
- Algunas medidas de precaución que se deben adoptar al momento de producirse un sismo son: alejarse de ventanas y abrir las puertas; no salir, ya que las vías de evacuación pueden estar bloqueadas, y tratar de mantener en todo momento la calma.

Actividad volcánica fuera de nuestro planeta (Página 117)

La actividad volcánica en nuestro planeta se produce principalmente por la tectónica de placas. En los límites entre las diferentes placas litosféricas se genera ascenso del magma y, con ello, se originan los volcanes. La diferencia que presenta el volcanismo terrestre con el que ocurre en Ío, es que en este último, se produce por la acción gravitacional de Júpiter, denominado calentamiento por marea.

Analizando un registro gráfico (118)

- Eje horizontal: el tiempo; eje vertical: amplitud de la onda sísmica.
- Aproximadamente 160 s. El sismo presentó mayor intensidad entre los 45 s y 75 s.
- El sismo comenzó con una leve oscilación. Cerca de los 40 s de haberse iniciado, se incrementó su magnitud de manera significativa. Luego de aquello, decreció rápidamente su magnitud.

Lección 5: LA DINÁMICA DE LA LITOSFERA

Me preparo para aprender (Página 120)

a. En el experimento realizado por Gustavo y Emilia, los materiales se organizaron de menor a mayor densidad. Algo similar ocurre en la Tierra; esta se conforma por diferentes materiales, que van de menor densidad (en la zona más externa) a los de mayor densidad, que se sitúan al interior de la Tierra.

b. Si bien esta respuesta depende de cada estudiante, las capas de la Tierra según el modelo estático son: la corteza, el manto y el núcleo. Según el modelo dinámico las capas de la Tierra son: la litosfera, astenosfera, mesosfera y endosfera, esta última formada por el núcleo externo e interno.

Actividad: Reconstruyendo un supercontiente (Página 124)

a. La información que permite reconstruir el supercontinente es la forma y la composición mineral que presentan los diferentes fragmentos.

b. Sí, debido a que algunas de las formaciones minerales que los conforman son más antiguas que otras. Esto permite inferir que se fue fragmentando de forma paulatina.

c. Que algunas de las composiciones minerales como el carbón y la morrena se formen solo en determinados tipos de clima. En el caso del carbón, este mineral da cuenta de un clima tropical y, la morrena, de un clima glaciar.

d. Se requieren evidencias geográficas (forma de los fragmentos continentales), evidencias geológicas (composición de minerales y de rocas). Además, de explicar el mecanismo que hizo que los continentes se desplazaran.

Analiza y predice (Página 125)

a. Los continentes continuarán separándose por un lado y acercándose por otro.

b. Se piensa que dentro de 250 millones de años los continentes se volverán a unir. A este hipotético supercontinente se le ha denominado Pangea última o Neopangea.

Actividad: Analizando hipótesis alternativas (Página 127)

a. Si bien estas hipótesis pueden explicar algunas de las evidencias presentadas por Wegener, las dos son poco plausibles.

b. La hipótesis de los puentes transoceánicos tiene sustento en ciertas evidencias, ya que existió un puente en el estrecho de Bering, que unió Asia con América. Por otro lado, la forma de los continentes puede ser un hecho que apoye la hipótesis de la Tierra en expansión.

c. Cada una de las hipótesis puede explicar algunas de las evidencias presentadas por Wegener. Sin embargo, la hipótesis de los puentes transoceánicos requiere de que estos se hubiesen extendido por miles de kilómetros, hecho que es muy poco plausible. En el caso de la hipótesis de la Tierra en expansión, deja más incógnitas que los hechos que logra explicar, dado que no argumenta la forma en que la Tierra aumento de volumen o de dónde apareció el agua que cubrió los océanos.

d. Las hipótesis alternativas son una forma de explicar fenómenos que se sustentan en evidencias, pero cuya explicación no es suficientemente convincente. Si las evidencias las avalan, muchas hipótesis alternativas pueden convertirse en una hipótesis principal.

Taller de estrategias (Páginas 130 y 131)

Aplicación y práctica

a. La cartulina representa a la litosfera interna y la tira de papel absorbente a la litosfera externa.

b. A las placas tectónicas.

c. A la deformación de la superficie de la Tierra producto del movimiento de las placas. Esto se puede evidenciar en la formación del relieve y de las cadenas montañosas.

Identifica y analiza (Página 133)

a. En la cercanía de la placa Sudamericana, la de Nazca, la Antártica y la de Scotia.

b. Corresponde a un límite convergente, en el que se genera un proceso destructivo de la litosfera. Es importante aclarar que esto no significa que la litosfera desaparece, solo que se introduce en la astenosfera.

c. Entre las placas Pacíficas y Euroasiática y entre las placas Indoaustraliana y Euroasiática.

d. Entre las placas de Nazca y la Pacífica y entre las placas Sudamericana y Africana, entre otras. Muchos de los límites divergentes se encuentran en la corteza oceánica.

e. Sobre la placa Indoaustraliana.

Integra tus nuevos aprendizajes (Páginas 134 y 135)

1. La afirmación de Juan Carlos no es correcta. En el punto 1 se encuentra la litosfera de menor edad y en el punto 5, la litosfera de mayor edad.
2. La principal debilidad de la teoría de la deriva continental fue no poder explicar el mecanismo que mueve a los continentes.
3.

Evidencia	Ejemplo
Geográfica	El borde oriental de Sudamérica coincide con el occidental de África.
Geológica	Formaciones minerales y de rocas que se encuentran en los diferentes continentes.
Paleontológica	Fósiles de especies animales que vivieron en determinada época y que se encuentran distribuidos en diferentes continentes.

4. Los factores que determinan el movimiento de las placas tectónicas son la convección del manto y las fuerzas de arrastre y succión que se producen en los extremos de las placas tectónicas.
5. P: transformante; Q: divergente; R: convergente.
6. El modelo estático da cuenta de la composición química del interior de la Tierra y el modelo dinámico del comportamiento mecánico del interior de la Tierra.
7. a. En 9 571 428,6 años.
   b. En 51 428 571,4 años.
8. Las principales placas tectónicas son la Pacífica, la Sudamericana, la Norteamericana, la Africana, la Euroasiática, la Antártica y la Indoaustraliana. Chile se encuentra en las cercanía de las placas de Nazca, Sudamericana y Antártica. Entre las placas de Nazca y Sudamericana existe un límite convergente.

Remediales y actividades según tu nivel de desempeño	
Nivel de desempeño	**Actividad sugerida**
Logrado	Realiza las actividades que te indicará tu profesora o profesor.
Medianamente logrado	Realiza nuevamente las actividades de las páginas 124 y 125.
Por lograr	Realiza nuevamente las actividades de las páginas 124, 125, 127 y 133.

Lección 6: EL MOVIMIENTO DE LAS PLACAS TECTÓNICAS

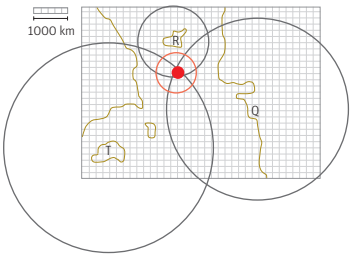
Me preparo para aprender (Página 136)

a. Las características de un sismo son el epicentro, el hipocentro, el plano de falla y la zona de ruptura.

b. Efectivamente, tal como observaron Andrea y Miguel, en la intersección de dos placas tectónicas se concentra la mayor parte de la actividad geológica. Esto explica por qué en países como Brasil (que se encuentra lejos de la línea de intersección entre placas) existe una muy baja actividad sísmica.

Taller de estrategias (Páginas 142 y 143)

Desafío



Actividad: Modelando los efectos de un sismo sobre una masa de agua (Página 146)

a. Se debería observar que al caer el plato, se produce una perturbación del agua que se propaga al interior de la fuente.

b. Un desplazamiento vertical de la litosfera oceánica.

c. Un tsunami.

d. Como una onda mecánica.

e. Sería un cataclismo, dado que, en proporción, la masa de agua desplazada arrasaría con lo que se encuentre en el borde costero.

Investiga y comunica (Página 148)

Algunas consecuencias sociales y económicas generadas por un sismo de gran magnitud pueden ser:

- Pérdida de vidas humanas.
- Daños y destrucción de viviendas, hospitales, colegios e infraestructura asociada a los servicios de primera necesidad.
- Daños y destrucción de infraestructura vial.
- Gastos generados en la mantención de las vías de transporte, para el abastecimiento de víveres y servicios básicos.
- Gastos generados para la reconstrucción de las estructuras y reposición de los servicios interrumpidos.

Actividad: Construyendo el modelo de un volcán (Página 152)

2. a. Para dar un aspecto de mayor realismo al modelo, se podría pintar el cono volcánico.

   b. La chimenea.

3. a. Una reacción química.

   b. En ambas situaciones se acumula presión dentro de una cámara.

   c. En un volcán real se acumula presión debido al ascenso del magma. Cuando la presión alcanza cierto límite, se produce una erupción.

   d. Existen elementos que son imposibles de representar en el modelo, como las altas temperaturas y el tipo de materiales del que está conformado un volcán.

Integra tus nuevos aprendizajes (Páginas 156 y 157)

1. a. La magnitud de ambos sismos es similar.

   b. Estación 1: aproximadamente 90 s; estación 2: aproximadamente 110 s.

2.

Diferencias entre la escala de Mercalli y la escala de magnitud de momento	
Escala de Mercalli	Escala de magnitud de momento
Es una escala cualitativa.	Es una escala cuantitativa.
Mide los efectos producidos por un sismo.	Mide la energía liberada por un sismo.
Para un mismo sismo, puede haber varias intensidades (que decrecen con la distancia al epicentro).	Para un sismo existe solo un valor de magnitud asignado.

3. En la mayor parte del cinturón de fuego del Pacífico, existen límites convergentes. Es importante recordar que en dichos límites se concentra una mayor cantidad de actividad geológica.

4. El hipocentro es el punto de la corteza donde se produce la ruptura y se origina el sismo; el epicentro, en cambio, es la proyección del hipocentro hacia la superficie.

5. Las réplicas ocurren debido a que dentro de la zona de ruptura, las placas continúan acomodándose. En este proceso de estabilización de la corteza se genera una serie de sismos conocidos comúnmente como réplicas.

6. a. Los volcanes submarinos se originan, generalmente, en límites divergentes donde asciende el magma. En el caso de las placas continentales, la mayoría de los volcanes se producen en límites convergentes.

   b. Se produce un aumento de presión en la cámara magmática.

Remediales y actividades según tu nivel de desempeño	
Nivel de desempeño	Actividad sugerida
Logrado	Realiza las actividades que te indicará tu profesora o profesor.
Medianamente logrado	Realiza nuevamente las actividades de las páginas 143 y 148.
Por lograr	Realiza nuevamente las actividades de las páginas 143, 148 y 153.

Consolida tus aprendizajes (Páginas 162 a 165)

1. a. Un sismógrafo es un aparato que traduce el movimiento de un sismo en un registro gráfico. Un sismógrafo simple consta de una masa que oscila, registrando dicho movimiento en un tambor giratorio.

b. Un sismo se produce por la ruptura en una zona de fricción y de presión entre dos placas o fragmentos de la litosfera. Este se propaga, desde el hipocentro, en todas direcciones en forma de ondas sísmicas. También se pueden originar sismos por otras causas, como el impacto de un meteoro o por acciones humanas, como la detonación de una bomba nuclear.

c. Los parámetros de un sismo son la magnitud y la intensidad, la localización y la hora en que ocurre.

d. Los elementos que caracterizan un sismo son el hipocentro, el epicentro, la zona de ruptura y el plano de falla.

e. Consecuencias sobre las estructuras que se encuentran sobre la superficie, sobre la geografía y sobre las masas de agua.

f. Algunas medidas de precaución que se deben adoptar al momento de producirse un sismo son: alejarse de ventanas y abrir las puertas; no salir, ya que las vías de evacuación pueden estar bloqueadas, y tratar de mantener en todo momento la calma.

2. a. Eje horizontal: tiempo de duración; eje vertical: amplitud del sismo (asociado a su magnitud).

b. Onda P y onda S.

c. Aproximadamente 140 s.

d. Aproximadamente 40 s.

3. Aproximadamente 400 km.

4. a. La escala más utilizada hoy en día es la de magnitud de momento sísmico (Mw), debido a que es una escala que no se satura para sismos de gran magnitud. Sin enbargo, para efectos informativos, aún es empleada la escala de Richter (M_L).

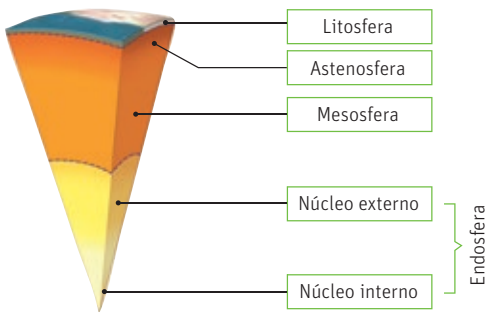
b. Elaborando mapas de riego sísmico; estableciendo y respetando las normas de construcción y educando a la población.

5. a. La temperatura, la presión y la densidad aumentan a medida que se incrementa la profundidad.

b. Entre los 5000 y 6500 km.

c. Entre los 5000 y 6500 km.

6.



7. a. A que la placa tectónica de Nazca se introdujo abruptamente en la Sudamericana.

b. El que la ciudad de Santiago se haya desplazado solo 24 cm, quiere decir que se encontraba más lejos de la zona de ruptura (hipocentro y epicentro).

8. En un límite divergente, los volcanes se generan debido al ascenso del magma a través de la zona de separación de las placas. En un límite convergente, los volcanes se originan debido a la presión que experimenta el magma al ser friccionado por las placas tectónicas.

Remediales y actividades según tu nivel de desempeño	
Nivel de desempeño	**Actividad sugerida**
Logrado	Realiza las actividades que te indicará tu profesora o profesor.
Medianamente logrado	Realiza nuevamente las evaluaciones de las páginas 136 y 156.
Por lograr	Realiza nuevamente las actividades de las páginas 135, 143, 148 y 153. Además, desarrolla nuevamente las evaluaciones de las páginas 136 y 156.

Unidad 4: EL UNIVERSO Y SUS ESTRUCTURAS

Inicio de unidad (Página 167)

1. Algunas estructuras cósmicas son galaxias, nebulosas, planetas, estrellas.

2. Chile se caracteriza por tener un amplio campo en observatorios astronómicos. Por ejemplo, el observatorio Paranal, ubicado en la región de Antofagasta, y el observatorio La Silla, ubicado en la región de Coquimbo.

Activa tus aprendizajes previos (Páginas 168)

- Algunos cuerpos celestes son planetas (como por ejemplo, Mercurio, Venus, Tierra, Marte, Júpiter, Saturo, Urano, Neptuno), meteoritos, asteroides y cometas.
- Las evidencias en las Ciencias son fundamentales ya que a través de estas se pueden analizar la validez de los hallazgos científicos, realizando una serie de experimentos e investigaciones.
- Conocer cerca de los diferentes cuerpos celestes del sistema solar permite realizar nuevos hallazgos y avances científicos, probar teorías y estudiar sus características, para saber si alguno de ellos es apto para conservar vida.

(Página 169)

- En el norte de Chile existe gran número de observatorios astronómicos debido a la calidad de los cielos, ya que estos presentan baja contaminación lumínica y condiciones climáticas y geográficas, esto último permite una mayor sequedad del aire, lo que posibilita que este absorba menos radiación, respecto de otros lugares donde existe mayor humedad relativa.
- La observación astronómica es muy importante, ya que observar se convierte en el principal método de investigación debido a que se estudian objetos que están a grandes distancias.

(Página 170)

- Debido a las diferentes posiciones de la Luna alrededor de la Tierra.

Lección 7: OBSERVANDO EL SISTEMA SOLAR

Me preparo para aprender (Página 172)

a. El 15 de enero, ya que la cantidad de horas de luz en verano es mayor.

b. Debido a la inclinación del eje de rotación de la Tierra respecto al plano de la trayectoria alrededor del Sol.

c. Respuesta variable. Por ejemplo, la observación es importante en las ciencias debido a que podemos estudiar un objeto o fenómeno a través de nuestros sentidos, y así contrastar una hipótesis con la realidad.

Investiga (Página 173)

a. El mediodía solar corresponde al momento en el que el Sol está en su punto más alto del cielo. Es diferente en las estaciones del año.

b. Algunas regularidades del Sol se relacionan con su posición relativa en el cielo, en determinadas épocas del año, lo que incide en la duración del día y la noche (equinoccios). Cuando la Luna se encuentra en fase de Luna nueva y su trayectoria interseca la posición del Sol, puede observarse un eclipse de Sol.

c. El tránsito de Mercurio corresponde al paso de este por delante del Sol. Este fenómeno ocurre alrededor de 13 o 14 veces por siglo, cuando la órbita de Mercurio cruza la de la Tierra. Las épocas en las que se puede observar son en mayo y en noviembre.

Investiga (Página 175)

a. Debe tener una atmósfera y temperatura adecuada y presencia de agua líquida. Un desafío sería reforzar la atmósfera y calentarla, ya que por cada segundo que pasa, el planeta pierde atmósfera

Compara (Página 176)

a. Aproximadamente 2,57 veces.

b. Marte.

c. Debido al efecto invernadero que se produce en él, ya que presenta una atmósfera densa y hostil, formada por nubes de dióxido de carbono, polvo y ácido sulfúrico.

Explica e investiga (Página 177)

Las auroras boreales de Júpiter se producen cuando este rota y arrastra con él a su campo magnético planetario, lo cual produce alrededor de 10 millones de voltios en sus polos. Así, los campos magnéticos de los polos capturan las partículas cargadas de la luna volcánica, que al ingresar a la atmósfera producen las auroras boreales.

Investiga (Página 179)

a. Ío, que cuenta con alrededor de 400 volcanes activos. La formación de los volcanes de Ío es diferente a la de la Tierra, ya que se forman por bombeo mareal, es decir, los satélites Ganímedes y Europa perturban la órbita de Ío, lo que produce una deformación mareal de la superficie de este satélite.

b. Se piensa que bajo la superficie de Encélado, satélite de Saturno, existe un océano de agua líquida. Existe la probabilidad de que haya vida, sin embargo para que esto ocurra, se necesitan más condiciones.

c. El satélite natural que presenta una atmósfera muy densa es Titán. Esta se conforma principalmente por nitrógeno. Es el mayor de los satélites de Saturno y posee lagos de metano líquido.

Investiga y describe (Página 180)

a. Algunas consecuencias serían: un terremoto de magnitud 12 en la escala Richter, vientos de más de 500 km/h y un calentamiento del punto de impacto en unos 100 000 °C. La violencia del impacto generaría un cráter de unos 150 Km de diámetro. La colisión en el océano daría como resultado un cráter algo mayor y más plano que el producido en tierra firme. Provocaría un aumento de energía calorífica en la atmósfera e importantes incendios durante meses en áreas continentales cercanas, etc.

b. Sí, existen evidencias de impacto en el noroeste de Australia.

c. Las probabilidades dependen según el tamaño de los asteroides, según la Nasa, cada 2000 años aproximadamente, impacta un asteroide contra nuestro planeta.

Actividad (Página 182)

a. El día y la noche.

b. La sucesión de las estaciones del año y la duración del día y de la noche.

c. Porque estos movimientos determinan nuestros horarios, ritmos, los diferentes climas del planeta, que forman parte inevitable de nuestras vidas.

Paso 2: Aplicación y práctica (Página 185)

a. Eclipse solar y lunar respectivamente.

b. El eclipse solar es el oscurecimiento del Sol visto desde la Tierra, debido a la sombra que proyecta la Luna. La Luna, el Sol y la Tierra se alinean, en este caso la Luna se interpone entre la Tierra y el Sol, este fenómeno solo ocurre con Luna nueva, mientras que el eclipse lunar es el oscurecimiento de la Luna vista desde la Tierra, debido a que se sitúa en la zona de sombra que proyecta la Tierra. En este caso el Sol, la Tierra y la Luna se alinean, ubicándose en el medio la Tierra.

c. No se producirían.

d. Si no existiera la atmósfera, la Luna sería ocultada por la sombra de la Tierra y, aparentemente, desaparecería.

Desafío

a. Esto es posible debido a la inclinación del eje de rotación de la Tierra (23,4° aproximadamente). Esta inclinación hace que el Polo Norte quede expuesto al Sol todo el día durante la temporada estival, ocurriendo el fenómeno contrario en el Polo Sur, quedándose a oscuras durante los meses que dura el verano boreal.

b. Es un fenómeno natural observable en el norte del círculo polar ártico y al sur del círculo polar antártico, que consiste en que el Sol es visible las 24 horas del día.

Integra tus nuevos aprendizajes (Página 188)

1.

I. Mercurio y Venus no tienen satélites naturales.

II. A mayor distancia del Sol, mayor es su período orbital.

2. B debe ser la Luna y C la Tierra.

3. Eclipse de Luna parcial.

4. La aceleración de gravedad de Venus es menor que la de la Tierra y la de Marte es 2,6 veces menor que la de la Tierra. Venus presenta una densa y hostil atmósfera, formada principalmente por nubes de dióxido de carbono, polvo y ácido sulfúrico. La atmósfera de la Tierra está compuesta principalmente de oxígeno y nitrógeno. La atmósfera de Marte es ligera, compuesta por dióxido de carbono, nitrógeno, argón y pequeñas cantidades de oxígeno, agua y metano. La temperatura media de Venus es aproximadamente 33 veces mayor que la de la Tierra y la de Marte es aproximadamente 3 veces menor a la de la Tierra.

5. Plutón sí orbita entorno del Sol. Plutón tiene un satélite natural (Caronte) cuyo diámetro de este satélite es casi la mitad del planeta enano.

6. Alternativa C.

7. El movimiento de traslación y la inclinación del eje de la Tierra originan la alternancia de las estaciones del año.

8. Son las distintas iluminaciones o aspectos que presenta la Luna en el transcurso de un mes al ser observada desde la superficie de la Tierra.

Lección 8: LA OBSERVACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS CÓSMICAS

Me preparo para aprender (Página 190)

a. Respuesta variable. Las estrellas. Los planetas del sistema solar.

b. Respuesta variable, como por ejemplo: un objeto que es capaz de emitir luz propia.

c. Respuesta variable: planetas, estrellas, galaxias.

d. Respuesta variable: El estudio y la observación de las estructuras cósmicas ha permitido al ser humano conocer desde regularidades astronómicas hasta reconstruir la génesis del universo.

Investiga (Página 194)

a. Se originan en la explosión de una estrella masiva que termina su vida como estrella normal en una gigantesca explosión llamada supernova. Las estrellas de neutrones tienen intensos campos magnéticos lo que pudieron dar cuenta de la estabilidad de los pulsos recibidos.

b. Porque las trayectorias de algunas estrellas muestras que deben estar orbitando bajo la influencia del inmenso campo gravitatorio de un agujero negro supermasivo, con una masa casi tres millones de veces mayor que la de nuestro Sol.

Actividad (Página 198)

Respuesta variable. Se debe tratar de un planeta rocoso. La distancia respecto a su estrella, debe ser similar a la de la Tierra con el Sol y debe tener un campo magnético propio intenso para proteger el planeta de vientos estelares y partículas cósmicas.

Analiza (Página 199)

a. La zona de habitabilidad de mayor ancho es de Gliese. Esto puede ser debido a que posee mayor zona en donde si las condiciones lo permiten puede existir agua en estado líquido, además de tener mayor extensión de la zona de habitabilidad debido a incertidumbres.

b. Respuesta variable, por ejemplo, debido al tamaño de la estrella. Al ser más grande el Sol que Gliese, posee mayor temperatura y por ende, la zona de habitabilidad del sistema solar está más lejos que la de Gliese.

Desafío (Página 201)

a. La distancia focal de una lente divergente se puede determinar empleando una lente auxiliar (convergente). Al incidir luz sobre la lente divergente y dirigirla hacia la lente convergente, se obtiene que la distancia focal de la lente divergente es $F = -f_0^2/D$, donde f_0 es la distancia focal de la lente convergente y D es la distancia en la que se produce el plano de la imagen.

b. El telescopio de Galileo también presenta aberración cromática, pero en menor medida que el telescopio de Kepler. El problema de la aberración cromática fue resuelto por Isaac Newton, con el desarrollo del telescopio reflector.

Investiga (Página 203)

a. El objetivo de la misión Planck es estudiar la radiación de fondo para probar las teorías y evolución del universo, analizando la radiación del Big Bang. La misión de la sonda WMAP es estudiar las fluctuaciones de temperatura de la radiación de microondas cósmica térmica, lo que permite comprobar las teorías del origen del universo. La sonda SOHO estudia el Sol, las partículas de viento solar que fluyen hacia la Tierra y la heliosfera, lo que permite analizar la estructura y la dinámica de esta estrella. El telescopio Spitzer tiene como misión estudiar estructuras cósmicas dentro y fuera del sistema solar.

b. la misión Planck y el WMAP captan y estudian la radiación cósmica o fondo de microondas cósmico (CMB), SOHO captan las radiaciones solares, en especial las longitudes de onda del ultravioleta y de los rayos X, mientras que el telescopio Spitzer estudia el espectro infrarrojo.

Investiga y comunica (Página 205)

a. Respuesta variable. Por ejemplo, Mario Hamuy Wakenhut, quien obtuvo el premio nacional de ciencias exactas el 2015.

b. Mario Hamuy estudia principalmente los cúmulos globulares, las novas, las supernovas, las galaxias activas y la cosmología.

Integra tus aprendizajes (Página 208)

1. Sí, son correctos.
2. La diferencia entre una nebulosa formadora de estrellas y una nebulosa planetaria es que la primera se originan de polvo y gases como el hidrógeno y el helio, mientras que la segunda se origina producto de una explosión de una estrella pequeña y contienen mayor diversidad que una nebulosa formadora de estrellas.
3. a. Se sitúan en la parte superior izquierda del diagrama. Son gigantes azules y gigantes rojas.
   b. En la parte inferior de la secuencia principal, en donde se encuentran las enanas blancas.
4. a. En el centro galáctico.
   b. En los brazos de la galaxia.
   c. En el centro de la galaxia.
5. Debido a que Chile posee uno de los cielos más despejados del planeta, además de altas planicies y baja humedad.
6. Alternativa A.
7. Captan la radiación milimétrica y submilimétrica. La VLT consiste en consiste en cuatro telescopios con espejos principales de 8,2 m de diámetro y cuatro telescopios auxiliares móviles de 1,8 m de diámetro, lo que permite a los astrónomos observar con mayor detalle que utilizando telescopios individuales.

Consolida tus aprendizajes (Páginas 214 a 217)

1. (Explica)
   a. El Sol, los planetas, satélites naturales, cometas y asteroides.
   b. Mercurio; Neptuno.
   c. Entre Marte y Júpiter.
   d. Masa: Mercurio, Marte, Venus, Tierra, Urano, Neptuno, Saturno y Júpiter; Gravedad: Mercurio, Marte, Urano, Venus, Tierra, Neptuno, Saturno y Júpiter; Temperatura media: Neptuno, Urano, Saturno, Júpiter, Marte, Tierra, Mercurio y Venus.
2. (Analiza)
   a. Tipo G (entre 5500 y 6000 K).
   b. El azul. Mientras más cercano del color azul se encuentra la estrella mayor es su temperatura.
   c. La temperatura y radiaciones impedirían la existencia de vida, tal como la conocemos.
3. (Aplica)
   a. Eclipse de Sol.
   b. Eclipse de Luna.
4. (Evalúa)

   Las escalas y tamaños harían inviable realizar un modelo del sistema solar a escala.
5.
   a. El sistema solar.
   b. No, debido a que se encuentra muy cerca de su estrella.
   c. El planeta Marte no presenta campo magnético ni una masa suficiente para albergar atmósfera.
6. La primera y la última afirmación son incorrectas. Para que la primera afirmación sea correcta, debe señalar que los asteroides están constituidos por rocas y metales. para que la útima afirmación sea correcta, debe señalar cuando un cometa (y no un asteroide) se acerca al Sol, se produce una espectacular cola.
7. Eclipse parcial de Sol.
8. Nebulosas planetarias.
9. C
10. D

Índice temático

A

- Absorción, 47
- Alfred Wegener, 125, 126, 127
- Amplitud, 22
- Ángulo de incidencia, 28
- Ángulo de reflexión, 28
- Astenosfera, 123
- Asteroides, 180, 181
- Astronomía, 173
- Audición, 34, 36

B

- Binoculares, 101

C

- Cámara magmática, 151
- Catalejo, 101
- Centro de curvatura, 91
- Chimenea, 151
- Ciclo de Wilson, 129
- Colores, 88
- Cometas, 180
- Composición armónica, 41
- Cono secundario, 151
- Cono volcánico, 151
- Contaminación acústica, 39
- Continente, 124, 125
- Córnea, 102
- Corriente de convección, 133
- Corteza, 122
- Cráter, 151

D

- Densidad, 42, 121
- Deriva continental, 125
- Descompresión, 33
- Difracción, 29, 49, 83
- Dispersión cromática, 88
- Distancia focal, 96
- Dorsales oceánicas, 128

E

- Eco, 47
- Ecógrafo, 52
- Eclipse de Sol, 186
- Eclipse de Luna, 187
- Efecto Doopler, 50, 85
- Eje óptico, 91
- Endosfera, 123
- Energía, 17
- Epicentro, 137, 144, 145
- Escala de magnitud de momento, 144
- Escala de Mercalli, 145
- Escala de Richter, 144
- Espectro, 36, 76
- Espejos cóncavos, 92
- Estrellas, 190, 191, 192
- Espejos planos, 90
- Evidencias geográficas, 126
- Evidencias geológicas, 126
- Evidencias paleoclimáticas, 126
- Evidencias paleontológicas, 126
- Expansión del fondo oceánico, 128, 129
- Exoplaneta, 169, 198, 199

F

- Foco, 83, 91, 96 177
- Fosas oceánicas, 128
- Frecuencia fundamental, 41
- Frecuencia natural, 48
- Frecuencia, 23, 38, 40, 41, 50, 60

G

- Galaxias, 194, 195, 196

H

- Hipermetropía, 103
- Hipocentro, 137, 145

I

- Índice de refracción, 82
- Infrasonido, 37
- Intensidad, 38, 39, 145
- Interferencia, 84

L

- La Tierra en expansión, 126
- Lava, 151
- Lentes convergentes, 96, 100
- Lentes divergentes, 97
- Lentes, 96, 97, 107
- Límite convergente, 132
- Límite divergente, 132
- Límite transformante, 132
- Litosfera, 123, 130
- Longitud de onda 22, 61
- Lupa, 100
- Luz, 72, 80, 90

M

- Magma, 151
- Magnitud, 144
- Manto, 122, 133
- Maremoto, 147
- Mesosfera, 123
- Meteoritos, 180

- Microscopio, 101
- Miopía, 103
- Modelo corpuscular, 73
- Modelo dinámico, 123
- Modelo estático, 122
- Modelo ondulatorio, 73

N

- Nebulosas, 197
- Nivel de intensidad sonora, 39
- Núcleo, 162, 163

O

- Oído, 34, 35
- Ojo, 102
- Ondas, 17, 18, 19, 20 178, 179
  - bidimensionales, 22
  - de Love, 138
  - de Rayleigh, 138
  - electromagnéticas, 18
  - estacionaria, 20
  - longitudinales, 19, 33
  - mecánicas, 18, 33
  - no periódicas, 20
  - periódicas, 20
  - primarias, 138, 139
  - secundarias, 138, 139
  - transversales, 19
  - tridimensionales, 22
  - unidimensionales, 21
  - viajeras, 20
- Oscilación, 17

P

- Pangea, 128
- Penumbra, 80
- Período, 23
- Placas tectónicas, 129, 132, 150
- Planetas, 174, 175, 177
  - enanos, 178
  - rocosos, 174
  - jovianos, 176
- Plano de falla, 177
- Polarización, 84
- Puentes transoceánicos, 127
- Puntos calientes, 150
- Pupila, 102

R

- Radiotelescopios, 202, 205
- Rango auditivo, 37, 61
- Rapidez, 23, 42, 43, 62
- Rarefacción, 33
- Rayos notables, 94
- Reflexión, 28, 46, 81
  - difusa, 81
  - especular, 81
- Refracción, 29, 49, 82
- Resonancia, 48
- Retina, 102, 103
- Reverberación, 46
- Rotación terrestre, 182

S

- Satélites naturales, 179
- Sismógrafo, 139
- Sismograma, 139
- Sismos, 136, 137, 144, 146, 148
- Sombra, 80
- Sonar, 52
- Sonido, 32, 38, 40, 41
- Subducción, 128
- Supercontinente, 124, 129

T

- Telescopio refractor, 100
- Telescopio reflector, 202
- Temperatura, 42, 43, 161
- Teoría tectónica de placas, 132
- Teoría, 125, 132
- Terremoto, 148, 149
- Timbre, 41
- Tono, 40
- Traslación terrestre, 183
- Tsunami, 147

U

- Ultrasonido, 36
- Umbra, 80

V

- Volcanes, 151, 153

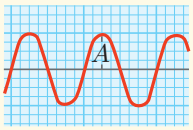
Z

- Zona de ruptura, 137

A

Absorción del sonido: corresponde a la disipación de la energía sonora, cuando una onda interactúa con determinadas superficies u obstáculos.

Amplitud: en una onda, es la distancia entre la posición o punto de equilibrio y el punto más alejado de la onda.



Antinodo: es el punto de una onda estacionaria de máxima amplitud que se encuentra entre dos nodos.

Armónico de un sonido: corresponde a la frecuencia que es un múltiplo de la frecuencia original.

Asteroides: son cuerpo celestes de formas irregulares y conformados por roca y metal. En el sistema solar, la mayoría procede del cinturón de asteroides.

Astronomía: es la ciencia que estudia los distintos cuerpos celestes que conforman el universo.

C

Centro de curvatura (C): corresponde a un punto en el centro de la esfera, del cual un espejo es sección.

Cometas: son cuerpos celestes que orbitan al Sol. Están formados por hielo y polvo y proceden del cinturón de Kuiper o de la nube de Oort.

Convección: es una forma de propagación de la energía térmica en un fluido.

Contaminación acústica: corresponde a un exceso de sonido, que altera las condiciones normales del ambiente.

D

Decibel (dB): unidad en la que se mide el nivel de intensidad sonora.

Densidad de masa: corresponde a la razón entre la masa y el volumen que posee un cuerpo.

Desplazamiento: magnitud vectorial que indica el cambio de la posición de un cuerpo.

Difracción: es un fenómeno de las ondas que consiste en su desviación al encontrar un obstáculo o atravesar una abertura.

Dispersión cromática: es un fenómeno que ocurre cuando un haz de luz blanca se refracta bajo un ángulo de incidencia distinto de 0°.

Distancia focal: distancia que separa el punto focal del vértice del espejo curvo. Es un parámetro que permite comparar un espejo con otro. También la presentan las lentes.

Dorsal oceánica: elevación de la corteza submarina originada por la acumulación de material en los límites divergentes.

E

Eco: fenómeno acústico producido cuando el sonido se refleja en una determinada superficie y retorna con una diferencia de tiempo mayor a 0,1 s respecto del inicio del sonido original.

Eclipse de Sol: se produce cuando parte de la luz que proviene del sol es bloqueada por la Luna. Esto genera una zona de sombra sobre la superficie terrestre.

Eclipse de Luna: ocurre cuando la Tierra se sitúa entre el Sol y la Luna. Para que este fenómeno sea apreciado, los tres cuerpos deben estar perfectamente alineados.

Epicentro: es la proyección radial en la superficie de la Tierra del hipocentro.

Espectro electromagnético: es un ordenamiento de las ondas electromagnéticas que considera la energía que transportan, la frecuencia y la longitud de onda.

Estrella: es un objeto astronómico que se caracteriza por emitir luz propia, gracias a procesos físico-químicos que ocurren en su interior.

Efecto Doppler: corresponde a un cambio en la frecuencia de la onda percibida, cuando existe movimiento relativo entre una fuente de ondas y un receptor.

Espejo plano: es una superficie opaca, plana y muy pulida, en la que se forman imágenes debido a la reflexión de la luz.

Espejo curvo: es una superficie que corresponde a una sección de una esfera y que puede reflejar la luz y formar imágenes.

Exoplanetas: son planetas que se encuentra fuera de nuestro sistema solar y que orbitan a una estrella distinta del Sol.

F

Frecuencia: corresponde a la cantidad de ciclos u oscilaciones que se realizan por unidad de tiempo.

Frecuencia propia: es la frecuencia con la que naturalmente vibra un cuerpo u objeto.

G

Galaxia: objeto astronómico supermasivos, conformados por una gran cantidad de estrellas, cúmulos de estrellas, nebulosas y otros cuerpos celestes menores.

H

Hipermetropía: defecto de la visión que provoca que la imagen se forme detrás de la retina.

Hipocentro: punto de la litosfera en donde se origina un sismo.

I

Imagen real: son imágenes constituidas por luz, por lo que pueden ser proyectadas en telones.

Imagen virtual: son imágenes que se forman por la prolongación de los rayos de luz cuando ellos divergen.

Índice de refracción: cantidad adimensional que representa la razón entre la rapidez de la luz en el vacío con la rapidez de la luz en un determinado medio.

Infrasonidos: sonidos que se caracterizan por tener una frecuencia menor a los 20 Hz.

Intensidad sonora: característica de un sonido que permite clasificarlo en "fuerte" o "débil". Esta se relaciona con la cantidad de energía que transporta la onda sonora.

Interferencia de la luz: corresponde a un fenómeno que ocurre cuando pasa a través de una doble rendija. Producto de ello, se genera un patrón de zonas de luz y de sombra.

L

Lente: es una pieza elaborada de material transparente y limitada por dos superficies que pueden ser curvas, o bien una plana y la otra curva.

Límites convergentes: corresponde a un tipo de límite entre dos placas tectónicas, cuyo movimiento relativo las hace "chocar".

Límites divergentes: línea de separación de dos placas tectónicas.

Límites transformantes: es un tipo de límite entre dos placas tectónicas, en el que ellas experimentan un movimiento paralelo entre sí.

Longitud de onda: distancia entre dos puntos correspondientes a una misma fase, para dos pulsos consecutivos de una onda.

M

Meteoritos: son restos de rocas o metal que proceden del espacio y han llegado a la superficie de la Tierra.

Miopía: defecto de la visión causado por la incapacidad del cristalino para enfocar objetos lejanos.

Modelo estático: es un modelo que da cuenta de la estructura interna de la Tierra y que considera su composición química. Las capas de este modelo son la corteza, el manto y el núcleo.

Modelo dinámico: corresponde a un modelo que da cuenta de la estructura interna de la Tierra y que considera su comportamiento mecánico. Las capas de este modelo son la litosfera, la astenosfera, la mesosfera y la endosfera.

N

Nodo: en una cuerda vibrante, corresponde a un punto en el que la amplitud de la vibración es cero.

O

Ondas: perturbación de un medio (material o no) que transporta energía y no masa.

Ondas de Love: son ondas sísmicas superficiales que se generan en el epicentro.

Ondas de Rayleigh: son ondas sísmicas superficiales que generan un movimiento elíptico en la superficie.

Ondas primarias: son ondas longitudinales que se originan en el foco del sismo. Estas son las primeras en ser percibidas.

Ondas secundarias: son ondas sísmicas transversales que se originan en el foco del sismo.

P

Período: tiempo en el que se completa un ciclo completo u oscilación.

Placas tectónicas: son fragmentos de la litosfera terrestre, los que debido a la convección del manto y de fuerzas de succión y tracción, experimentan movimientos relativos entre sí.

Planeta: es un cuerpo celeste que orbita a una estrella, ha alcanzado el equilibrio hidrostático y ha limpiado su vecindad de cuerpos menores.

Planetas enanos: son cuerpos celestes que orbitan una estrella, han alcanzado un equilibrio hidrostático, pero no han limpiado su vecindad de cuerpos menores.

Planetas rocosos (o terrestres): es la clasificación que se les da a los primeros cuatro planetas del sistema solar.

Polarización: es un fenómeno que experimentan las ondas transversales, ya que debido a su plano de oscilación pueden ser filtradas.

R

Radiotelescopios: son instrumentos que captan ondas electromagnéticas procedentes del espacio en longitudes de onda de radio y/o microondas.

Rapidez: razón entre la distancia y el tiempo que demora un móvil en recorrerla.

Rayos notables: son trazados rectos que permiten determinar la imagen de un objeto que es puesto frente a un espejo o a una lente.

Reflexión: fenómeno que ocurre cuando una onda que incide en el límite de separación de dos medios, es devuelta al medio original de propagación.

Refracción: es un cambio de velocidad que experimenta una onda cuando pasa de un medio a otro.

Resonancia acústica: corresponde a la vibración que se genera en un cuerpo (o estructura) debido a la vibración de otro de igual frecuencia propia.

Reverberación: persistencia del sonido una vez que la fuente sonora ha dejado de emitirlo. A diferencia del eco, en la reverberación la onda experimenta un proceso de "deformación".

Rotación terrestre: es el movimiento que realiza la tierra entorno a su propio eje. Tiene un período aproximado de 24 horas.

S

Satélites naturales: son cuerpos celestes que orbitan entorno a un planeta.

Sismo: movimiento de la corteza terrestre debido a la ruptura de una sección de la litosfera.

Sismógrafo: instrumento que permite registrar las ondas sísmicas.

Sismograma: registro gráfico que permite analizar las características y los parámetros de un sismo.

Sistema solar: corresponde al sistema planetario del cual la Tierra (nuestro planeta) forma parte. Consta de una estrella tipo G y de 8 planetas.

Subducción: fenómeno en el que una placa tectónica se introduce por debajo de otra.

T

Telescopios: son instrumentos tecnológicos que permiten la observación de los cuerpos celestes.

Timbre: característica que permite diferenciar dos sonidos que tienen la misma intensidad y frecuencia. Depende de la composición armónica del sonido.

Tono: característica del sonido que depende de la frecuencia y permite diferenciar los sonidos agudos de los graves.

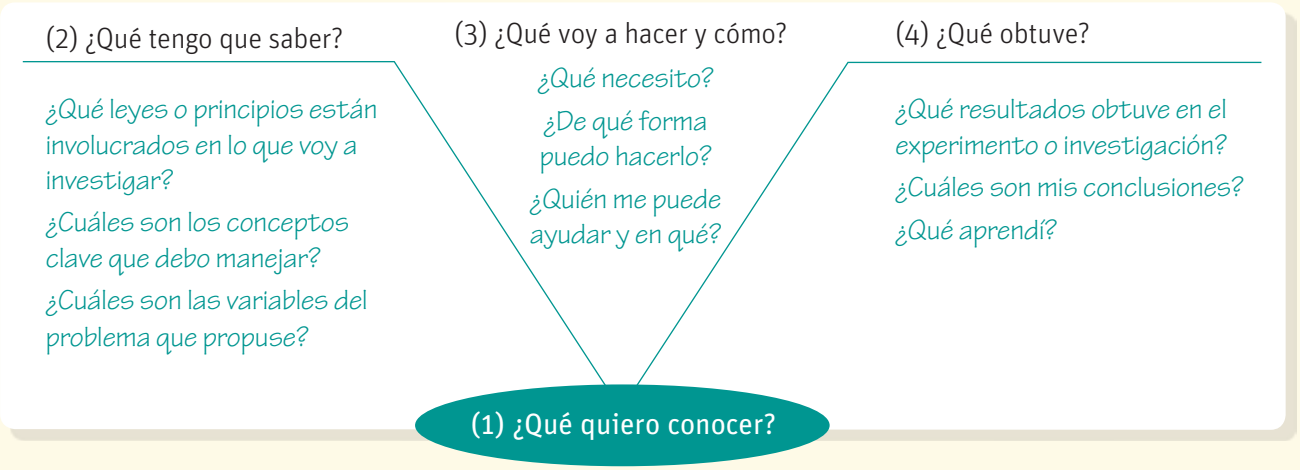
Traslación terrestre: es el movimiento que realiza la tierra alrededor del Sol.

U

Ultrasonidos: sonidos que se caracterizan por tener una frecuencia mayor a los 20 000 Hz.

¿Qué es la V de Gowin y cómo utilizarla?

La V de Gowin recibe ese nombre porque es un diagrama en forma de V que fue creado por Bob Gowin en 1977. Este esquema permite representar, de manera visual, las acciones necesarias para planificar una investigación y dar respuesta a una pregunta formulada inicialmente.



Puedes incluir la V en cada informe de laboratorio que realices, ya que te permitirá organizar tus ideas y presentar tu trabajo de manera clara y ordenada.

¿Qué son los organizadores gráficos y cómo utilizarlos?

Aprender a organizar información mediante distintas técnicas de representación gráfica te va a permitir establecer conexiones entre ideas, las que podrás usar como referencia para estudiar. Veamos algunos ejemplos.

Diagrama de Venn	Tarjetas con notas combinadas
1. Dibuja dos círculos que se superpongan. Cada uno de ellos representa los conceptos que estás comparando. Anota el nombre de los conceptos sobre cada círculo. 2. En la sección en que se superponen, anota las características que son compartidas por ambos. 3. En las zonas externas, anota las características que son peculiares para cada uno.	1. En el extremo izquierdo de una hoja escribe una idea o concepto y luego su definición o algunas de sus características principales. 2. En el extremo derecho de la hoja dibuja una representación visual de tus anotaciones anteriores. 3. Dobla la hoja por la mitad y tendrás una tarjeta de síntesis. Construye tu mazo y úsalo para estudiar con tus compañeros y compañeras.
Mapa mental	**Esquema de ideas principales**
1. Escribe una idea principal en el centro. 2. Define distintos temas que se desprendan de la idea principal y conéctalos mediante líneas a la idea principal. 3. Registra información relevante que se relacione con cada tema y con la idea central.	1. Escribe en el centro una idea o concepto clave. 2. Añade cajas con información relacionada con el concepto central. Pueden ser definiciones, características, fórmulas, o lo que resulte necesario según el caso.

Bibliografía

- Alonso, M.; Finn, E. J. (2000). *Física*. Ediciones Pearson Educación.
- Gass, I. G., Smith, P. J., Wilson, R. (2002). *Introducción a las ciencias y la tecnología*. 5ª edición. Editorial Reverté.
- Halliday, D.; Resnick, R.; Krane, K. (2004). *Física I*. Ediciones Continental.
- Hewitt, P. (2006). *Física conceptual*. Ediciones Pearson Educación.
- Maiztegui, A; Sabato, J. (1995). *Introducción a la Física*. Kapelusz Editora S.A.
- Mengual, J. I. (2006). *Física al alcance de todos*. Ediciones Pearson Educación.
- Osuna, L. (2007). *Planificando la enseñanza problematizada: el ejemplo de la óptica geométrica en educación secundaria*. Didáctica de las ciencias experimentales, Universidad de Alicante.
- Serway, R., Jewett, J. (2008). *Física para ciencias e ingeniería*. 7ª edición. Editorial Cengage Learning.
- Tarbuck, E., Lutgens, F. (2005). *Ciencias de la Tierra*. Una introducción a la geología física. 8ª edición. Ediciones Pearson Educación.
- Tipler, P. (2005). *Física para la ciencia y la tecnología*. Volumen 2, 6ª edición. Editorial Reverté.

Webgrafía

Ingresa los siguientes códigos en la página web de tu Texto para que puedas ampliar y ejercitar algunos de los contenidos trabajados en las unidades.

Para ondas

TF1P239A
TF1P239B

Para el sonido

TF1P239C
TF1P239D
TF1P239E

Para óptica geométrica

TF1P239F
TF1P239G

Para dinámica terrestre

TF1P239L
TF1P239M
TF1P239N
TF1P239O

www.ediciones-sm.cl

ISBN 978-956-349-959-9

Ministerio de Educación

Gobierno de Chile

EDICIÓN ESPECIAL PARA EL MINISTERIO DE EDUCACIÓN
PROHIBIDA SU COMERCIALIZACIÓN

sm