

Radiación y protección radiológica

Guía didáctica para centros
de enseñanza primaria



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE EDUCACIÓN

isftic

Instituto Superior de Formación y
Recursos en Red para el Profesorado

Radiación y protección **radiológica**

Guía didáctica para centros
de enseñanza primaria



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE EDUCACIÓN

isftic

Instituto Superior de Formación y
Recursos en Red para el Profesorado



índice

© copyright 2009

Consejo de Seguridad Nuclear

edita y distribuye

Consejo Seguridad Nuclear

C/ Pedro Justo Dorado Dellmans, 11

28040 Madrid

peticiones@csn.es

proyecto gráfico

base 12 diseño y comunicación

imprime

elecé industria gráfica

depósito legal

M-23.228-2009

4		Prólogo
6		Enfoque general
8		Objetivos
10		Estructura
12		Contenido



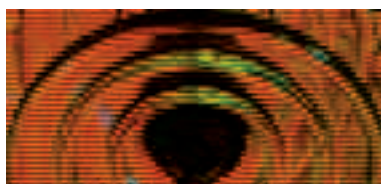
14 | Nivel I (alumnado de 6 a 8 años)

- 18 | **Unidad 1** Tomando el sol
- 24 | **Unidad 2** Pablo en el hospital
- 30 | **Unidad 3** La televisión no funciona



36 | Nivel II (alumnado de 8 a 10 años)

- 40 | **Unidad 1** Radiación solar
- 46 | **Unidad 2** Al hospital o al dentista
- 54 | **Unidad 3** El *walkie-talkie*



60 | Nivel III (alumnado de 10 a 12 años)

- 64 | **Unidad 1** Luz, calor y sonido
- 70 | **Unidad 2** ¿Becquerel?, ¿quién es?
- 78 | **Unidad 3** Aplicaciones hospitalarias
- 84 | **Unidad 4** ¿Podemos vivir sin radiación ionizante?

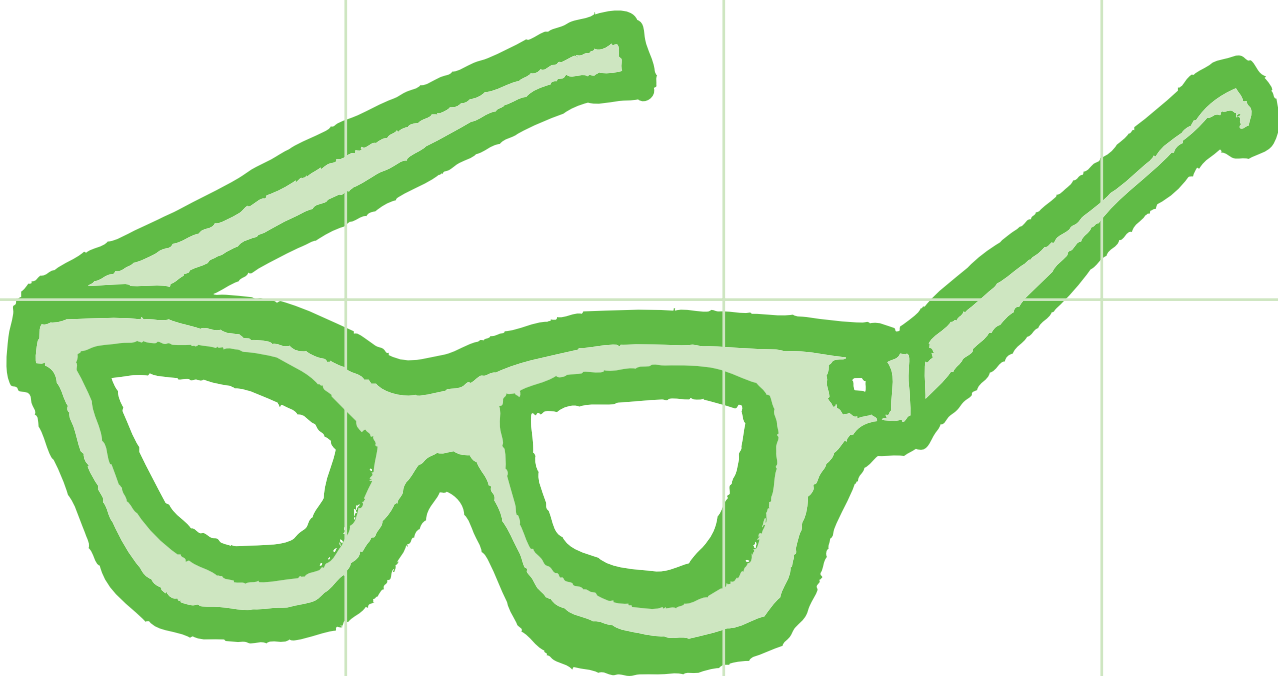


92 | Suplemento técnico

- 94 | **1.** Tipos de radiaciones: radiaciones no ionizantes y radiaciones ionizantes
- 100 | **2.** Desintegración radiactiva. Medida de la radiación ionizante
- 103 | **3.** Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes. Protección radiológica
- 105 | **4.** Aplicaciones de las radiaciones ionizantes

110		Glosario
116		Bibliografía

prólogo



Desde el Consejo de Seguridad Nuclear, y con la autorización de la Comisión Europea, se ha actualizado y editado en dos volúmenes el *Curso para escuelas de enseñanza primaria y secundaria. Radiación y protección radiológica*; una experiencia puesta en marcha por la Dirección XI (Medio Ambiente, Seguridad Nuclear y Protección Civil) de la Comisión Europea.

El objetivo de esta guía didáctica es ofrecer al profesorado de enseñanza primaria un manual que sirva para introducir a los alumnos y alumnas en los usos de las radiaciones ionizantes.

Vivimos inmersos en sociedades del conocimiento donde el saber y la información constituyen los pilares sobre los que nuestras sociedades se sustentan, siendo el conocimiento un factor fundamental en nuestras vidas. Este conocimiento es absolutamente necesario para acercarse al mundo de las radiaciones ionizantes. Sabemos también que es un mundo que no podemos obviar, ya que desde los primeros momentos de nuestra existencia estamos expuestos a las radiaciones, pero además no es menos cierto que es un campo en continuo crecimiento, tanto desde el punto de vista médico como industrial.

Sin embargo, también sabemos que el desconocimiento en ésta y otras materias genera desconfianza y temor, por eso desde el Consejo de Seguridad Nuclear estamos convencidos de que es necesaria la transparencia en la información y la comunicación.

De alguna manera podemos decir que el camino de la ciencia a lo largo de la Historia, ha sido siempre el paso del mito al logos, y esto es precisamente lo que hace falta cuando nos enfrentamos al mundo de las radiaciones ionizantes: debemos observar, analizar y explicar lo que sucede, sólo así podremos actuar con una actitud crítica y responsable.

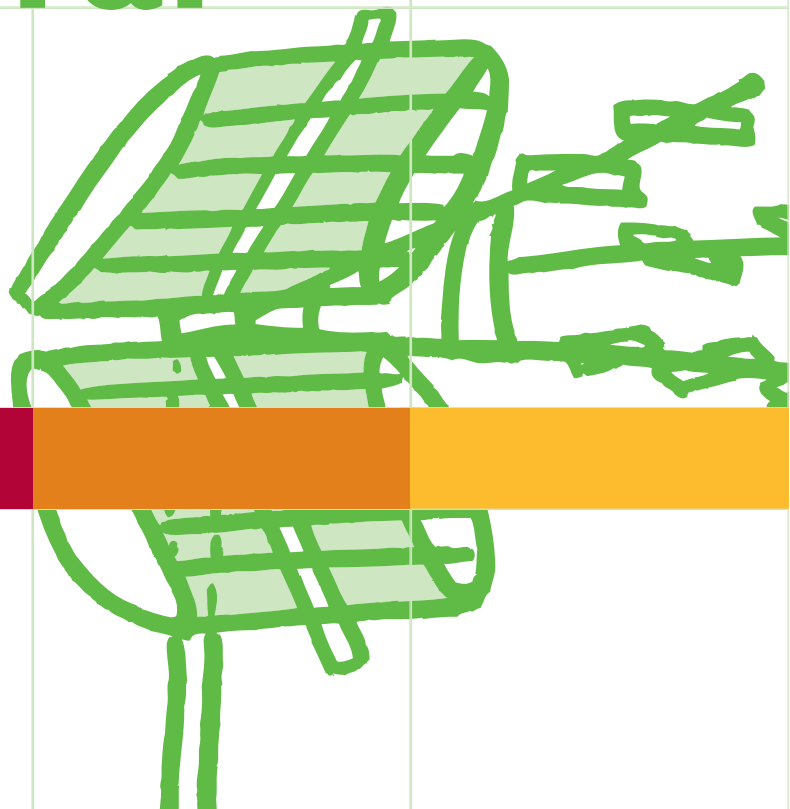
Con la reedición de este manual, queremos contribuir al conocimiento y servir de apoyo a las personas encargadas de transmitirlo en las aulas. Sólo desde esta posición formaremos una ciudadanía responsable, capaz de enfrentarse con una actitud crítica a los avances científicos en general, y al mundo de las radiaciones en particular.

Espero que cumpla su objetivo y aporte su pequeño granito de arena a la hora de aumentar el conocimiento sobre las radiaciones y la protección radiológica.

Carmen Martínez Ten
Presidenta del CSN

enfoque

general



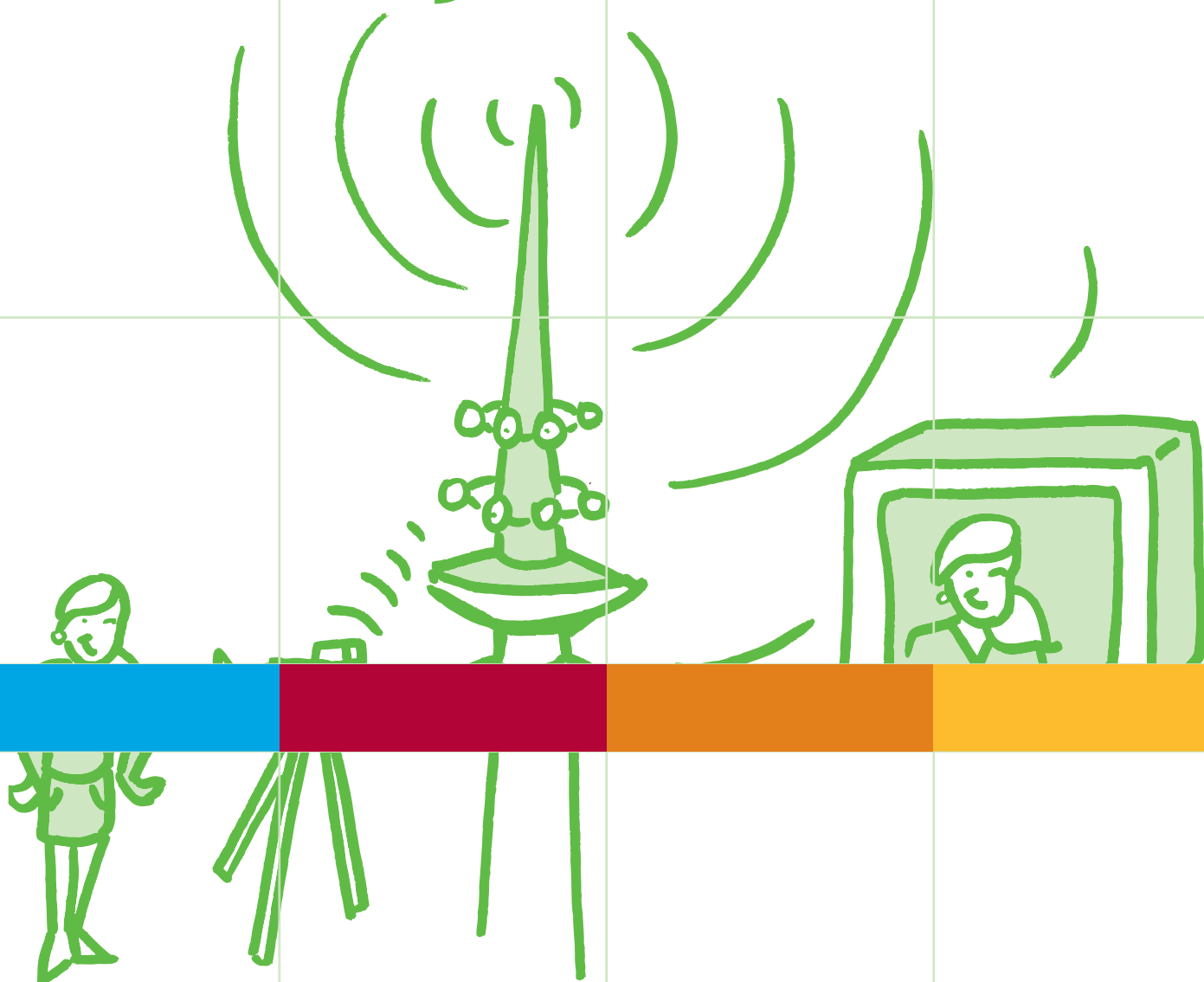
La radiación ionizante y la radiación no ionizante son temas bastante complejos y abstractos, especialmente para explicárselos al alumnado de menor edad. Por otra parte, estas materias no están incluidas dentro de la enseñanza obligatoria para los cursos de primaria en nuestro país, por lo que se tratará de materias transversales para impartir si el profesorado lo estima oportuno.

Se trata de un “programa en espiral”, que significa que los diferentes aspectos reaparecen en cada nivel aumentando en complejidad.

El material aquí contenido ha sido concebido para su utilización en la enseñanza primaria y se divide en tres niveles, según la edad. Cada uno de los niveles puede ser impartido como una unidad completa, aunque el profesorado es libre de emplear material de otras unidades anteriores o posteriores. Por consiguiente, el manual podría considerarse como una fuente de material de referencia para que el profesorado construya sus propias unidades.

En estos tres niveles se subraya en especial la relación entre la radiación y las experiencias y observaciones cotidianas y personales de los alumnos y alumnas para que se sensibilicen sobre los riesgos y beneficios de la radiación ionizante y no ionizante.

objetivos



Las unidades tienen dos objetivos generales:

- Estimular el interés por fenómenos físicos imperceptibles.
- Familiarizar al alumnado con las distintas formas de radiación (ionizante y no ionizante) procedentes tanto de fuentes naturales como artificiales.

Por otra parte, cada unidad tiene sus objetivos específicos. Aunque las unidades pueden ser utilizadas por el profesorado de acuerdo con su propia visión y añadiendo sus aportaciones personales, en estas etapas dependerá mucho del interés y de la formación general de los alumnos, que variarán sin duda alguna en función de los factores educacionales, sociales y culturales de cada clase o colegio.

Para alcanzar estos objetivos, se han definido una serie de pautas destinadas a los profesores. En suma, éstos deben:

- Hacerse una idea de la radiactividad y de la radiación ionizante y no ionizante como fenómeno físico y social.
- Conocer la diferencia entre radiación natural y artificial.
- Adquirir una idea de los principios de la protección radiológica.
- Desarrollar la capacidad de explicar la radiación de forma clara, con el fin de fomentar una actitud documentada y razonada en sus alumnos.

estructura



Como se ha señalado, la guía se divide en tres niveles, según la edad:

- Nivel I: alumnado de 6 a 8 años.
- Nivel II: alumnado de 8 a 10 años.
- Nivel III: alumnado de 10 a 12 años.

Cada nivel consta de tres o cuatro unidades.

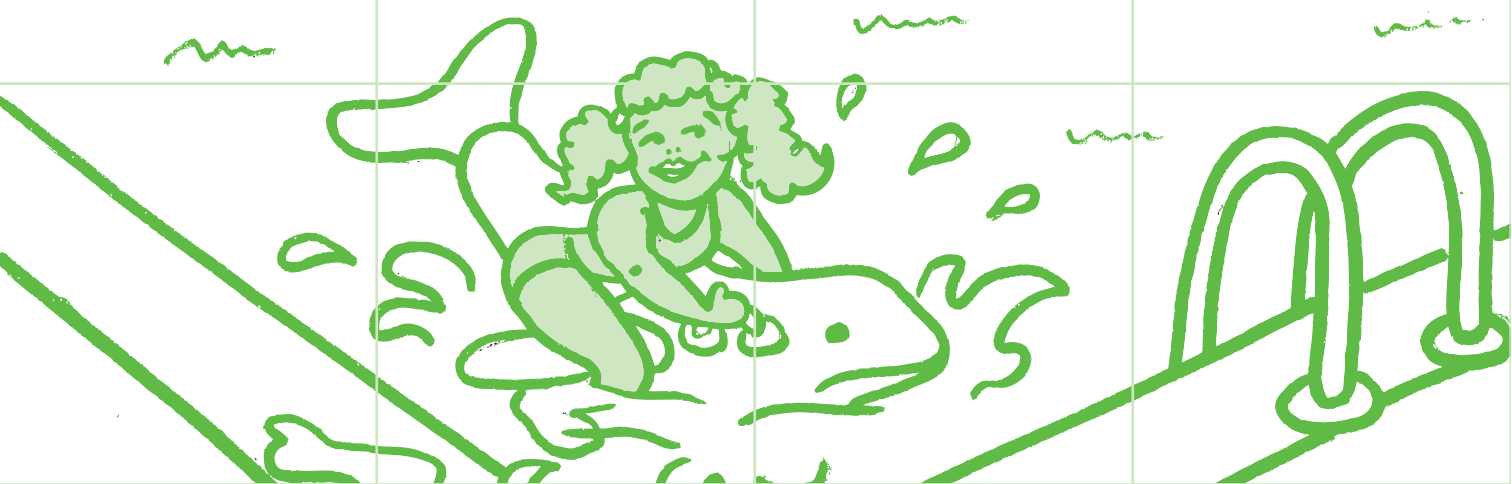
Los textos contienen todos los materiales necesarios para que el profesor imparta los tres niveles y además incluyen un suplemento técnico. Al comienzo de cada nivel se ofrece información de carácter general, seguida de una serie de ejercicios de evaluación para comprobar qué han aprendido los alumnos una vez concluido el nivel. Al principio de cada unidad se establecen los objetivos, se indica el tiempo mínimo necesario, se proponen formas de enseñar la unidad, y se proporcionan una serie de actividades para los alumnos (con respuestas cuando sea necesario).

Las páginas de este libro pueden ser fotocopiadas por el profesor para su distribución a los alumnos. Contienen una introducción seguida de un relato, en la mayoría de los casos ficticio, o por una explicación acompañada de ilustraciones sencillas y de figuras. Se ofrece asimismo un listado de los puntos clave (y los conceptos esenciales que deben ser aprendidos por los alumnos), seguido por una serie de actividades y preguntas sin las respuestas.

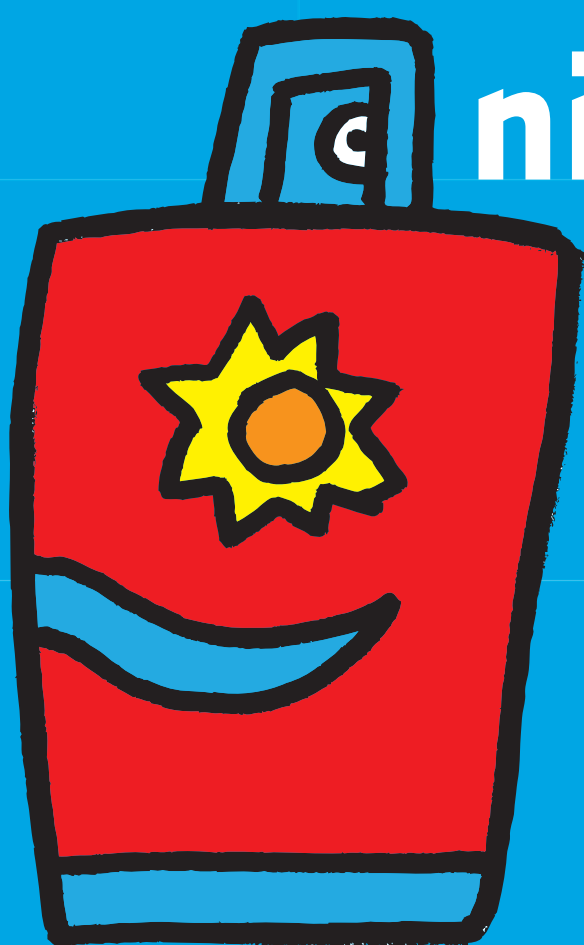
El suplemento técnico contiene información general sobre diversos aspectos de la radiación ionizante y no ionizante que se tratan en las distintas unidades. Esta información general va dirigida al profesorado y trata de ser tan clara y objetiva como sea posible. Al suplemento le sigue un glosario, una bibliografía y una lista de direcciones útiles.

Una vez más, hay que subrayar que las unidades pretenden únicamente constituir un ejemplo de cómo ilustrar determinados aspectos de la radiación y de la protección radiológica. Cada profesor podrá utilizarlas o adaptarlas de la forma que considere más adecuada.

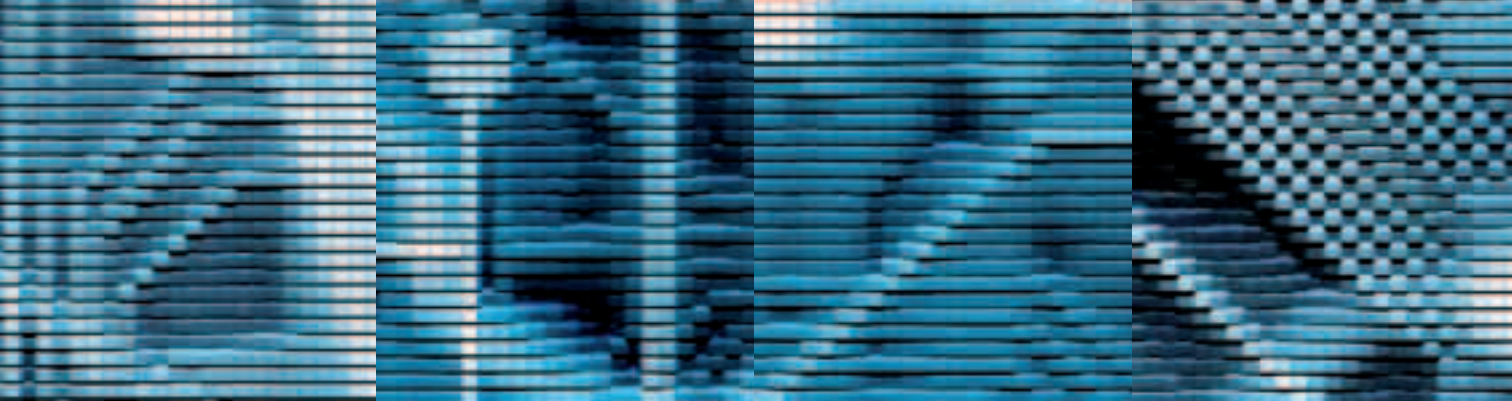
contenido



Nivel	Breve descripción del contenido	Temas abordados	Títulos de las unidades
Nivel I Alumnado de 6 a 8 años	Consta de tres unidades. Tenemos dos personajes, Ángela y Pablo, que se ven envueltos en situaciones cotidianas a través de las cuales descubren distintos tipos de radiaciones que provienen del sol, y que pueden producir quemaduras, qué son los rayos X y aprenden cómo funciona la televisión. El alumnado adquiere algún conocimiento de la radiación en su propio entorno.	Se tratan los siguientes temas: • Radiación proveniente del sol y que se manifiesta como calor • El hospital (rayos X) • La televisión	Unidad 1 Tomando el sol Unidad 2 Pablo en el hospital Unidad 3 La televisión no funciona
Nivel II Alumnado de 8 a 10 años	Consta de tres unidades. Vuelven los dos personajes principales (Pablo y Ángela) que hablan de la radiación o viven experiencias relacionadas con ella. El alumnado adquiere un conocimiento de la radiación más detallado, en su propio entorno	Se tratan los siguientes temas: • Radiación solar • El hospital, el dentista (rayos X) • Ondas de radio y ondas sonoras	Unidad 1 Radiación solar Unidad 2 Al hospital o al dentista Unidad 3 El walkie talkie
Nivel III Alumnado de 10 a 12 años	Consta de cuatro unidades para el alumnado del último ciclo de primaria. Pablo y Ángela nos guían a través de ellas. Son dos niños de 10 años que aprenden nuevas cosas sobre la radiación en compañía del tío de Ángela, el doctor A. Tomo. En este nivel se trata en primer lugar la radiación no ionizante que se manifiesta en forma de luz y calor. También se habla del sonido y su transmisión mediante ondas de radio. Seguidamente, se estudian distintos tipos de radiación ionizante y algunas de sus aplicaciones.	Se tratan los siguientes temas: • La radiación no ionizante • La radiación ionizante • Aplicaciones de la radiación ionizante (en los hospitales y consultas de dentistas u otras aplicaciones)	Unidad 1 Luz, calor y sonido Unidad 2 ¿Becquerel?, ¿quién es? Unidad 3 Aplicaciones hospitalarias Unidad 4 ¿Podemos vivir sin radiación ionizante?



nivel I



nivel I

alumnado de 6 a 8 años

18 | *unidad 1*
Tomando el sol

24 | *unidad 2*
Pablo en el hospital

30 | *unidad 3*
La televisión no funciona



nivel I

Consta de tres unidades para el alumnado de 6 a 8 años.

Información

En cada unidad se propone una lectura que el profesor/a puede leer en clase o pedir a algunos alumnos/as que la preparen en casa y la lean a sus compañeros. Todas las lecturas giran en torno a dos personajes principales, Pablo y Ángela, que se ven envueltos en distintas situaciones a través de las cuales se tratan los efectos de los rayos del sol, la naturaleza y las aplicaciones médicas de los rayos X y el funcionamiento de la televisión.

Es importante que, en este nivel, los alumnos/as adquieran conocimientos sobre la radiación que les rodea y sepan identificar sus efectos y aplicaciones.

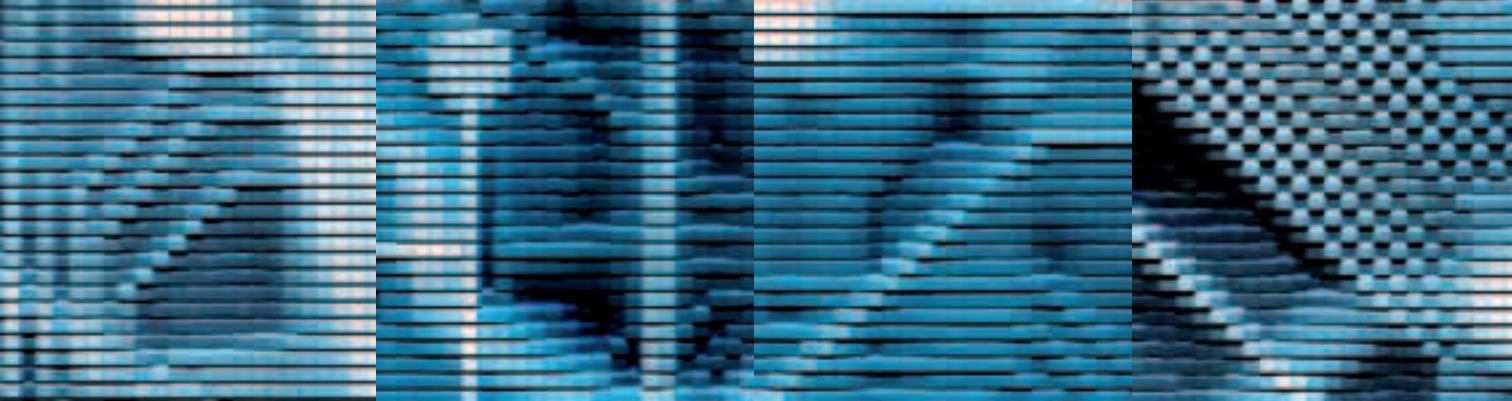
Contenidos

Se tratan los siguientes temas:

- La radiación solar: efectos y protección.
- Aplicaciones médicas de los rayos X: las radiografías.
- La transmisión de las ondas: el funcionamiento de la televisión.

Puede encontrarse información general de estos temas en el suplemento técnico.

nivel I
6-8 años



Unidades nivel I

unidad 1 Tomando el sol

- Sugerencias didácticas
- Lectura
- Puntos clave, preguntas y actividades

unidad 2 Pablo en el hospital

- Sugerencias didácticas
- Lectura
- Puntos clave, preguntas y actividades

unidad 3 La televisión no funciona

- Sugerencias didácticas
- Lectura
- Puntos clave, preguntas y actividades

Evaluación

Cada unidad consta de unas actividades con las cuales se puede evaluar el grado de adquisición de los conocimientos. Se puede pedir que, por grupos, inventen una historia similar a cada una de las historias leídas en clase y la representen al resto de sus compañeros de clase o a otros grupos.

Al terminar este nivel los alumnos/as deben:

- Reconocer de qué manera afectan los rayos del sol a la piel y cómo protegernos de las quemaduras del sol.
- Saber de qué forma se utilizan los rayos X en los hospitales para diagnosticar fracturas.
- Explicar la transmisión de las ondas que nos permiten ver la televisión.

nivel I

nivel I
6-8 años

unidad 1

Unidad 1

Tomando el sol

Objetivos

Al final de la unidad, el alumno/a:

- Podrá describir de qué forma afectan a la piel los rayos del sol.
- Podrá identificar las consecuencias de una exposición prolongada a la radiación solar sin protección.
- Conocerá cómo protegerse de las quemaduras solares.

Tiempo mínimo propuesto

50 minutos

Sugerencias didácticas

El profesor/a empieza por verificar qué es lo que saben los alumnos acerca de las quemaduras solares, por ejemplo preguntando: “¿Alguna vez te has quemado por el sol? ¿Dónde te has quemado, siempre en la playa o alguna vez en la montaña?” Se puede animar a los alumnos a que digan lo que se les ocurra al respecto. Se pueden escribir las ideas de los alumnos en la pizarra.

Seguidamente, el profesor/a lee o cuenta la historia “Tomando el sol” y después puede proponer que se realicen una serie de actividades que se relacionan a continuación, y cuyas soluciones se adjuntan.

Preguntas y respuestas

1. ¿Qué les pasó a Pablo y a Ángela por quedarse demasiado tiempo en la piscina?
Su piel se quemó.
2. ¿Qué produce las quemaduras?
El sol, los rayos del sol.

nivel I
6-8 años

3. ¿Qué es lo que Pablo y Ángela olvidaron hacer cuando tomaron el sol al borde de la piscina?

Ponerse crema protectora.

4. ¿Qué le ocurre a la piel cuando permaneces demasiado tiempo al sol?

La piel se pone roja, se pela.

Verdadero o falso

Es conveniente indicar a los alumnos/as que en esta actividad justifiquen sus respuestas.

1. Cualquier crema protege contra las quemaduras del sol.
Falso, tiene que tener factor de protección solar.
2. Cuando vamos a la playa nos tenemos que echar crema protectora, pero si vamos al campo o a la montaña no hace falta.
Falso, en la montaña el sol también es perjudicial, incluso más que en la playa porque con la altitud disminuye la capa atmosférica que tenemos sobre nosotros y, entonces, la atmósfera nos protege menos de la radiación solar.
3. Para protegerte del sol necesitas crema solar, gorra, y gafas especiales para el sol.
Verdadero.

Posteriormente podrán realizar las siguientes actividades complementarias

- ¿Qué meterías en la bolsa de playa para protegerte del sol?
Se trata de que el alumno identifique los objetos que nos protegen de la radiación solar. Para ello debe “meter en su bolsa de playa” (uniendo con flechas) dichos objetos.
- Ahora dibujas tú
Los alumnos dibujan cómo creen que están Pablo y Ángela después de pasar un día en la playa sin protección. Se trata de que los alumnos identifiquen los efectos del sol en la piel: enrojecimiento, quemaduras, la piel se pela, dolor.

unidad 1

Unidad 1

Tomando el sol



Hacía un día muy caluroso, y el sol calentaba mucho. Pablo y Ángela decidieron ir a la piscina. Olvidaron hacer una cosa muy importante: protegerse contra los rayos del sol. Después de oír o leer este relato sabrás lo que ocurre si no te proteges contra los rayos del sol.

“¡Buf! Aquí hace demasiado calor” suspiró Ángela, y fue a sentarse a la sombra de la casa. “¡Espérame!”, dijo Pablo, “que al sol se me derrite el polo”. Ángela, una niña de piel morena, y su vecino Pablo, de piel blanca, habían estado ayudando a sus respectivas madres. Con la propina recibida, habían ido a comprarse un polo al quiosco. Ángela eligió uno rojo. Pablo no se decidía; primero quería uno verde, luego uno amarillo... ¡le gustaban tanto todos! “Decídete de una vez”, dijo el vendedor. “Bueno, déme uno naranja”, dijo Pablo.

“¿Qué hacemos esta tarde?”, preguntó Ángela. “Mejor jugamos a algo con lo que no pasemos mucho calor”. “¿Y si nos mojamos?”, preguntó Pablo, un tanto misterioso.

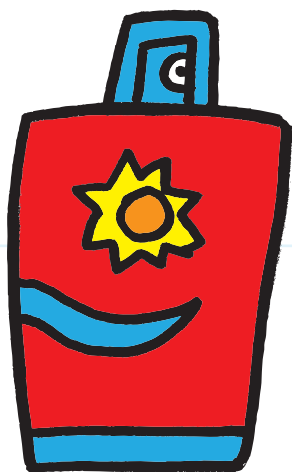
Al principio Ángela se quedó confusa, pero luego cayó en la cuenta. “¡Sí, la piscina! ¡Qué idea tan buena! Venga, vamos a preparar las cosas”. “¡Eh, un momento!, déjame acabar el helado”, dijo Pablo. Pero Ángela ya había entrado corriendo en casa para pedirle permiso a su madre. “Pero tened cuidado, ¿eh?”, dijo su madre. “¡Sí, lo tendremos!” respondió como una bala.

Pablo se puso el bañador y Ángela su biquini. Metieron toallas, ropa y refrescos en una bolsa. “La pelota, el cubo y la pala; ah, sí, y que no se me olvide mi delfín inflable” dijo Pablo. “Bueno, vale, ¡que no nos vamos de vacaciones!”, dijo Ángela con impaciencia. Y se marcharon.

La piscina estaba justo a la vuelta de la esquina. Cuando llegaron ya había bastante gente. “¡Tonto el último!”, gritó Ángela, y salió corriendo y se tiró al agua.

Pasaron toda la tarde chapoteando en la piscina. Jugaron a todo tipo de cosas. De vez en cuando salían del agua para tomar el sol al borde de la piscina. “Te vendrá bien tomar un poco el sol” se burló Ángela. “Bueno, a ti tampoco te vendrá mal”, contestó Pablo, y le vació un cubo de agua sobre la espalda; Ángela gritó con todas sus fuerzas.

nivel I
6-8 años



crema protectora

Pronto llegó la hora de volver a casa. “¡Ay, cómo me escuecen las piernas!”, se quejó Pablo mientras se ponía los pantalones. “La piel me escuece y me quema tanto que casi no me puedo poner la camiseta”. “Sí, a mí me pasa lo mismo” dijo Ángela, “me escuece de verdad”.

Una vez en casa, la madre de Pablo exclamó: “¡Dios mío! ¿Pero no se te ocurrió echarte la *crema protectora*? Estaba en la bolsa”. “No, mamá, se me olvidó”, dijo Pablo. “¿Y no puedes hacer nada?”, preguntó, “me duele mucho; es como si estuviera ardiendo”. “Es mejor que te pongas los pantalones, son más cómodos. Pero primero voy a ponerte un poco de crema. Puede que ahora te duela, pero mañana estarás mejor”.

Más tarde, Ángela y Pablo estaban sentados en el sofá. De repente, Ángela se echó a reír. “¿Qué pasa?”, preguntó Pablo. “¡Tienes la cara toda roja!”, dijo Ángela. Al principio Pablo la miró furioso, pero luego a él también le pareció divertido.

Puntos clave

En este relato aprendes que la crema protectora te protege contra los rayos del sol. Pablo y Ángela estuvieron demasiado tiempo al sol y se olvidaron de ponerse crema protectora, por lo que los rayos del sol les quemaron la piel.

Preguntas y respuestas

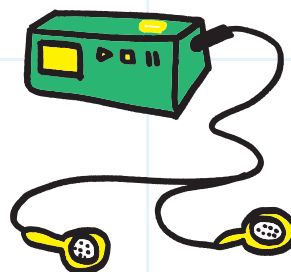
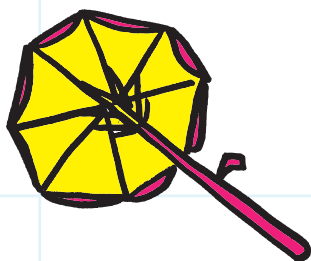
1. ¿Qué les pasó a Pablo y a Ángela por quedarse demasiado tiempo en la piscina?
2. ¿Qué produce las quemaduras?
3. ¿Qué es lo que Pablo y Ángela olvidaron hacer cuando tomaron el sol al borde de la piscina?
4. ¿Qué le ocurre a la piel cuando permaneces demasiado tiempo al sol?

Verdadero o falso

1. Cualquier crema protege contra las quemaduras del sol.
2. Cuando vamos a la playa nos tenemos que echar crema protectora, pero si vamos al campo o a la montaña no hace falta.
3. Para protegerte del sol necesitas crema solar, gorra, y gafas especiales para el sol.

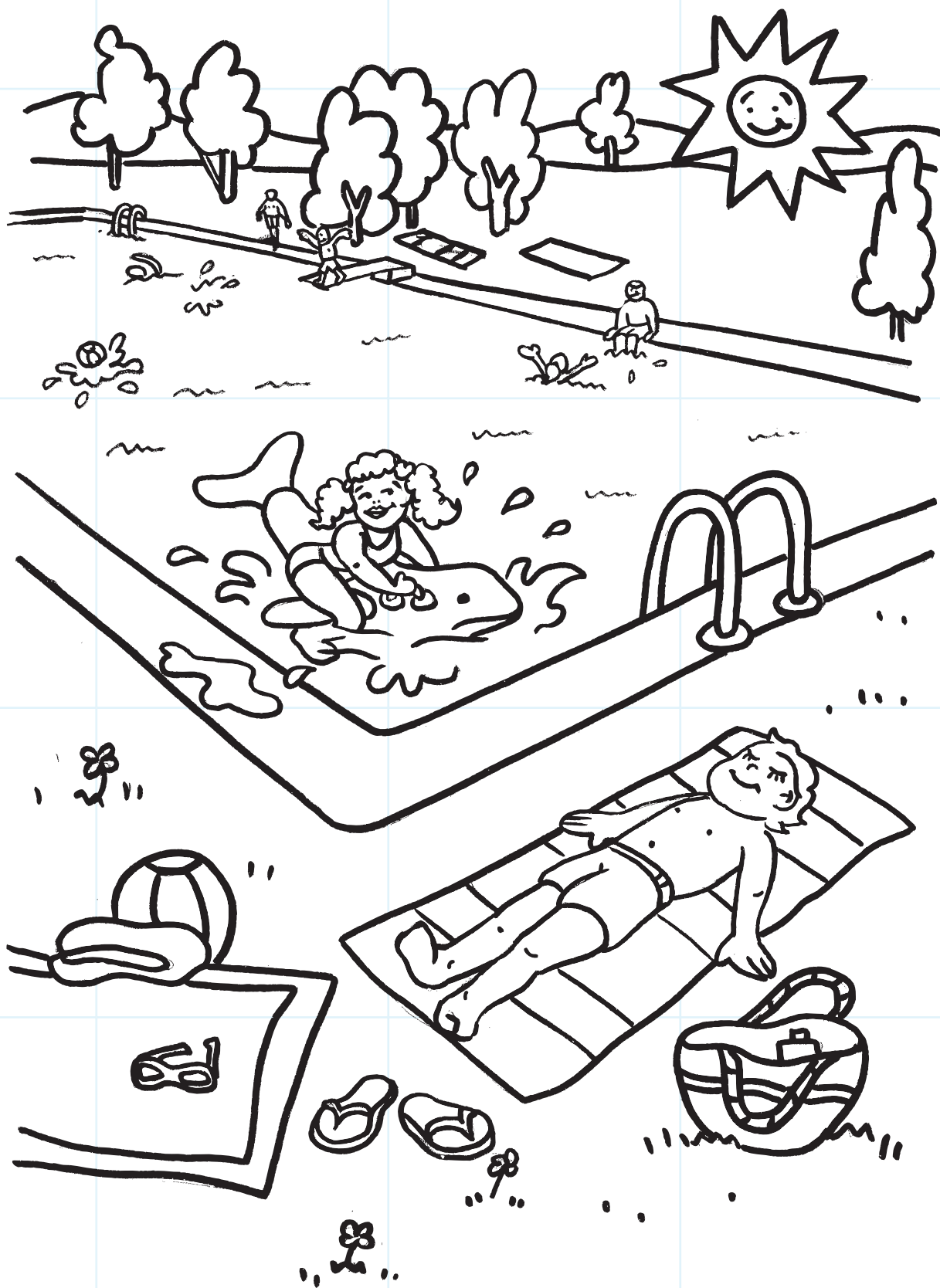
Cosas que nos protegen del sol

Une con flechas las cosas que meterías en tu bolsa de piscina para protegerte del sol.



nivel I
6-8 años

Colorea este dibujo



unidad 2

Unidad 2

Pablo en el hospital

Objetivos

Al final de la unidad el alumno/a podrá:

- Reconocer que los seres humanos tienen un cuerpo exterior que todos podemos ver y otro interior que se ve en las radiografías.
- Saber que los rayos X son un tipo de radiación ionizante y que se utilizan en los hospitales para hacer las radiografías.
- Identificar una radiografía.
- Valorar la importancia de las radiaciones ionizantes para conocer el interior del cuerpo humano.

Tiempo mínimo propuesto

50 minutos

Sugerencias didácticas

El profesor/a lee o cuenta la historia de “Pablo en el hospital” y pregunta en clase si alguien se ha roto alguna vez un hueso y qué le pasó en el hospital. Después se pide a los alumnos que miren una radiografía y una fotografía y que expresen lo que ven en cada una de ellas. Es conveniente resaltar que existen diferencias entre lo que se ve en una fotografía interior (radiografía) y en una fotografía exterior.

Seguidamente, el profesor/a puede proponer que se realicen una serie de actividades que se relacionan a continuación, y cuyas soluciones se adjuntan.

Preguntas y respuestas

1. ¿Qué se ve en una radiografía?
El interior del cuerpo humano, los huesos, ver si hay alguna fractura.
2. ¿Cómo y dónde se hacen las radiografías?
Con un aparato de rayos X, que envía unos rayos invisibles que pueden atravesar el cuerpo. En los hospitales, clínicas....
3. ¿Son útiles las radiografías? ¿Por qué?
Las radiografías son útiles porque permiten a los médicos ver el interior del cuerpo y saber si hay algún hueso roto.

nivel I
6-8 años

4. Cuando hicieron a Pablo la radiografía del brazo, ¿crees que llevaría puesto el reloj?

No; si lo llevase el reloj saldría en la radiografía y no dejaría ver los huesos.

5. ¿Dónde se coloca la enfermera cuando va a hacer la radiografía a Pablo? ¿Por qué?

Detrás de una pantalla protectora para evitar recibir en su cuerpo los rayos X.

Completar las frases y sopa de letras

Completar las siguientes frases:

- El aparato de rayos X emite rayos invisibles que pueden atravesar el cuerpo.
- Una radiografía es una fotografía del cuerpo.
- Las radiografías las hacen los médicos en hospitales.
- En las radiografías se ve el interior del cuerpo y en las fotografías se ve el exterior del cuerpo.
- Para ver si te has roto un hueso te hacen una radiografía.
- Cuando te hacen una radiografía te colocan un delantal para proteger la parte del cuerpo que no va a ser “fotografiada”.

Buscar en esta sopa de letras las siguientes palabras: radiografía, rayos X, huesos, fotografía. Las palabras están colocadas horizontalmente para facilitar su localización.

E	N	J	A	U	J	D	R	U	A	N	L	Z	B	A	G	L
B	D	H	Y	A	G	A	N	J	F	H	U	E	S	O	S	I
N	A	J	S	H	Y	F	G	B	R	N	R	K	F	I	F	X
B	S	R	A	D	I	O	G	R	A	F	I	A	M	F	B	Ñ
V	D	M	G	L	T	U	W	Q	R	V	F	M	B	O	T	P
D	A	E	R	A	Y	O	S	X	O	U	K	L	I	M	S	K
B	D	J	H	M	L	F	O	T	O	G	R	A	F	I	A	J

Posteriormente podrán realizar las siguientes actividades complementarias

- Relacionar imágenes de fotografías y radiografías de un mismo objeto.
- Colorear un dibujo basado en el relato.

nivel I
6-8 años



Unidad 2

Pablo en el hospital

En este relato se narra que Pablo tiene un accidente y se hace daño en un brazo. Probablemente esté roto porque le duele mucho. Los padres de Pablo deciden llevarle al hospital, donde un médico le hace unas radiografías del brazo utilizando un aparato especial. Se cuenta cómo funciona un aparato de rayos X, y si el brazo de Pablo se ha roto de verdad o no.

“¡Sally, baja de ahí!”, dijo Pablo. Sally, la gata, había trepado hasta lo alto de un árbol y no se atrevía a bajar. Pablo había oído sus maullidos y en seguida había subido a rescatarla, pero había una rama en su camino y no podía llegar hasta ella. “Si consiguiese llegar hasta ahí, seguramente podría alcanzarla”, pensó Pablo. Pero la rama en la que se encontraba no era suficientemente resistente y, de pronto, se oyó un fuerte crujido y la rama se rompió. Pablo cayó al suelo, y la gata con él.

La gata se puso de pie inmediatamente y salió corriendo tras un gorrión. Pero Pablo se quedó tumbado en el suelo. El brazo le dolía muchísimo. “¡Socorro, auxilio!” empezó a gritar. Su padre corrió hacia él. “¿Qué pasa, Pablo?”, preguntó. “Me he caído del árbol y ahora me duele muchísimo este brazo”, le respondió Pablo. “Déjame ver. ¿Puedes mover el brazo, o cerrar el puño?”, le preguntó su padre. Pablo lo intentó, pero le dolía demasiado. Justo entonces salió también su madre. “Tenemos que llevarle al hospital. Puede que se haya roto algo”, dijo su madre, y fue a buscar las llaves del coche.

Un poco más tarde, Pablo y su madre estaban en el Servicio de Urgencias del hospital. El médico palpó el brazo de Pablo, pero cuando intentó moverlo Pablo casi se echó a llorar del dolor. “Vamos a hacer una radiografía del brazo”, dijo el médico, y le envió a otra habitación, en cuya puerta había una señal de color gris con un trébol en el centro. Allí, una mujer le puso una especie de delantal muy pesado y le dijo que se sentara al lado de una máquina. Le dijo que mantuviera el brazo quieto debajo de la máquina, y luego se puso detrás de una pantalla protectora. Entonces Pablo oyó unos ruidos como los que hace una máquina fotográfica. Cuando terminaron, le llevaron a otra habitación, y minutos más tarde le pusieron una escayola en el brazo. Cuando la escayola se hubo endurecido, le pusieron el brazo en un cabestrillo. Pablo ya se sentía mucho mejor, y casi no le dolía. Luego volvió a ver al médico.



nivel I
6-8 años

“Bueno, ¿cómo te sientes ahora?”, preguntó el médico. “Mucho mejor, gracias”, dijo Pablo. “Bien”, dijo el médico, “deja que te explique un poco lo que acabamos de hacer”.

“Tu cuerpo está lleno de huesos, para que sea firme y fuerte. Todos juntos forman el esqueleto. Desde fuera, yo no podía ver si te habías roto un

aparato de rayos X

hueso dentro del brazo. Como no podía meterme dentro de tu brazo para ver lo que pasaba, tuve que usar una máquina que puede hacer fotos del interior de tu cuerpo que se llaman radiografías. Esa máquina es un *aparato de rayos X*, envía rayos invisibles a través de tu cuerpo, y al mismo tiempo hace radiografías de tus huesos. Mira estas radiografías. La de la izquierda es de tu brazo, la de la derecha es el brazo de otra persona. ¿Puedes ver la diferencia?” “¡Sí, claro!”, dice Pablo, “uno de los huesos está roto”.

rayos X

“¡Eso es!”, dijo el médico. “En esta radiografía he podido ver exactamente qué se había roto. Es un poco complicado, pero ¿entiendes la idea?”. “Creo que sí”, dijo Pablo. “Es increíble. Hay que ser muy inteligente para tener una idea así”. Su madre y el médico se echaron a reír. “Tienes razón”, dijo el médico; “efectivamente, el hombre que lo inventó era muy inteligente. Los *rayos X* no sólo se utilizan para ver los huesos del cuerpo humano, otro día te contaré qué otras cosas podemos ver gracias a ellos. Dentro de tres semanas haremos otra radiografía para ver si los huesos rotos se han vuelto a unir”. “Está bien, doctor. Hasta pronto y muchas gracias”, dijo Pablo.

Puntos clave

Hay muchos huesos dentro de tu cuerpo. Tú no puedes verlos. Si un médico quiere ver si hay algún hueso roto dentro del cuerpo, hace una “fotografía especial”. La llamamos radiografía. Estas radiografías nos permiten mirar dentro del cuerpo.

Las radiografías se hacen con un aparato especial que se llama aparato de rayos X.

Esta máquina envía una radiación invisible a través del cuerpo y al mismo tiempo saca una imagen de rayos X de los huesos.

Preguntas y respuestas

1. ¿Qué se ve en una radiografía?
2. ¿Cómo y dónde se hacen las radiografías?
3. ¿Son útiles las radiografías para los médicos? ¿Por qué?
4. Cuando hicieron a Pablo la radiografía ¿crees que llevaría puesto el reloj?
5. ¿Dónde se coloca la enfermera cuando va a hacer la radiografía a Pablo? ¿Por qué?

unidad 2

nivel I
6-8 años

unidad 2

Completa las frases y sopa de letras

Completa las siguientes frases:

- El aparato de r..... emite rayos invisibles que pueden atravesar el cuerpo.
- Una r..... es una fotografía del cuerpo.
- Las radiografías las hacen los m..... en los h.....
- En las radiografías se ve el i..... del cuerpo y en las fotografías se ve el e..... del cuerpo
- Para ver si te has roto un h..... te hacen una radiografía.
- Cuando te hacen una radiografía te colocan un delantal para p..... la parte del cuerpo que no va a ser “fotografiada”

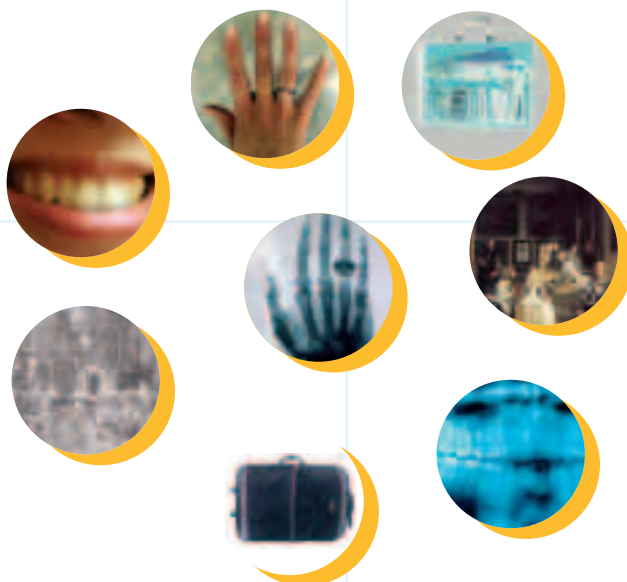
Busca en esta sopa de letras las siguientes palabras: radiografía, rayos X, huesos, fotografía. Las palabras están colocadas horizontalmente para facilitar su localización.

E	N	J	A	U	J	D	R	U	A	N	L	Z	B	A	G	L
B	D	H	Y	A	G	A	N	J	F	H	U	E	S	O	S	I
N	A	J	S	H	Y	F	G	B	R	N	R	K	F	I	F	X
B	S	R	A	D	I	O	G	R	A	F	I	A	M	F	B	Ñ
V	D	M	G	L	T	U	W	Q	R	V	F	M	B	O	T	P
D	A	E	R	A	Y	O	S	X	O	U	K	L	I	M	S	K
B	D	J	H	M	L	F	O	T	O	G	R	A	F	I	A	J

Relaciona imágenes de cámara de fotos y rayos-X

Une con flechas aquellas imágenes que podemos obtener con cámara de fotos y con aparatos de rayos X.

Explicar la diferencia entre exterior e interior.



nivel I
6-8 años

Colorea el dibujo



unidad 3

Unidad 3

La televisión no funciona

Objetivos

Al final de la unidad, el alumno/a:

- Aprenderá que las imágenes de la televisión se obtienen a través de un determinado tipo de radiación (ondas de radiofrecuencia).

Tiempo mínimo propuesto

30 minutos

Sugerencias didácticas

El profesor/a lee o cuenta la historia de “La televisión no funciona” y pregunta en clase si alguna vez se ha dejado de ver correctamente la imagen de la televisión. Se revisan los principales aspectos relativos a la forma de obtener las imágenes de la televisión. Puede repetirse lo que la madre de Ángela dice en el relato, es decir, que en los estudios de televisión los programas se graban por una cámara que transmite unas ondas invisibles a una enorme antena, y que esta antena envía las ondas que son recibidas por los aparatos de televisión en cada casa.

Se puede introducir el concepto de la televisión digital, que se transmite por ondas con información digital (el fundamento de la transmisión es el mismo que para las ondas analógicas). La diferencia fundamental entre ambos sistemas es que se necesitan receptores distintos. Por eso hemos tenido que comprar los aparatos de TDT e instalar otras antenas en los tejados.

Seguidamente, el profesor/a puede proponer que se realicen una serie de actividades que se relacionan a continuación, y se adjuntan las soluciones.

Preguntas y respuestas

1. ¿Hay personas dentro de la televisión? ¿Dónde están las personas que vemos en la televisión?

No; las personas que vemos en la televisión están en los estudios de grabación.

nivel I
6-8 años

2. ¿Cómo llegan las imágenes a la pantalla de televisión?

Una cámara graba en el estudio de grabación y allí una antena transmite la señal por medio de ondas invisibles. Estas ondas viajan por el aire y llegan a cada casa, donde la antena (del tejado) recoge la onda y la transforma en imágenes que se ven en la pantalla del televisor.

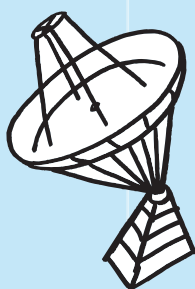
3. ¿Qué programas de televisión te gusta ver?

Respuesta libre.

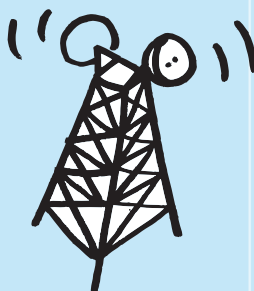
Identificar y colorear

Se trata de que los alumnos/as escriban debajo de cada dibujo el nombre del elemento representado y lo coloreen.

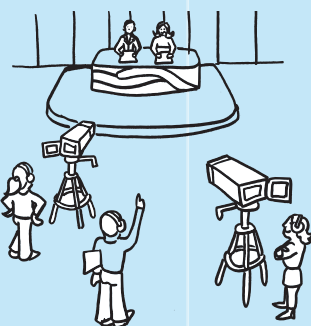
Se pretende repasar el concepto de transmisión-recepción de las ondas y los elementos necesarios para ello.



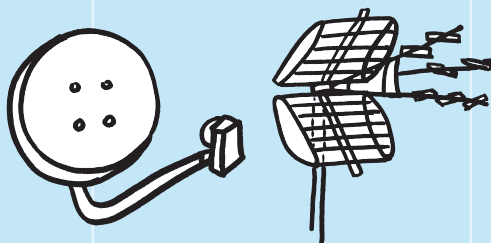
Antena de transmisión



Aparato receptor



Estudio de grabación



Antena de recepción

¿Qué es eso que hay en los tejados?

Si se puede desde la ventana de clase, o si no, salir al patio y pedir a los alumnos/as que observen los distintos tipos de antenas que hay en los tejados.

nivel I
6-8 años

Unidad 3

La televisión no funciona

Ángela estaba aburrida. Llovía, y Pablo estaba en casa de su tía, así que decidió ver la televisión. De pronto, la imagen desapareció. En este relato se cuenta lo que ocurrió.

“¡Qué tiempo tan horrible hace!”, suspiró Ángela. “¡Y lleva así tres días!”. Fuera llovía a cántaros y el viento soplaba aullando con fuerza. El suelo estaba lleno de charcos. Incluso el parque donde Ángela solía jugar estaba inundado. Ángela iba de una ventana a otra, pero todo estaba igual de mojado. “¡Y no tengo con quién jugar! ¡Que mala suerte que Pablo se haya marchado a casa de su tía!”, se quejó Ángela. “Haz un puzzle o lee un rato”, le dijo su madre, que estaba leyendo el periódico sentada en el sofá. Pero Ángela ya había hecho todos los puzzles, se había leído casi todos los libros y había hecho dibujos de todo lo que se le había ocurrido.

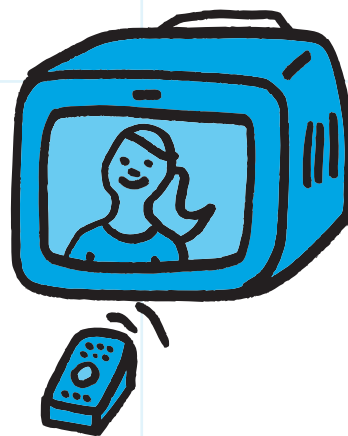
“A lo mejor ponen algo bueno en la televisión”, suspiró Ángela, que ya había probado todos los canales hacía una hora. Encendió la televisión. “¡Qué bien, dibujos animados!”, exclamó, “¡Qué bien!”.

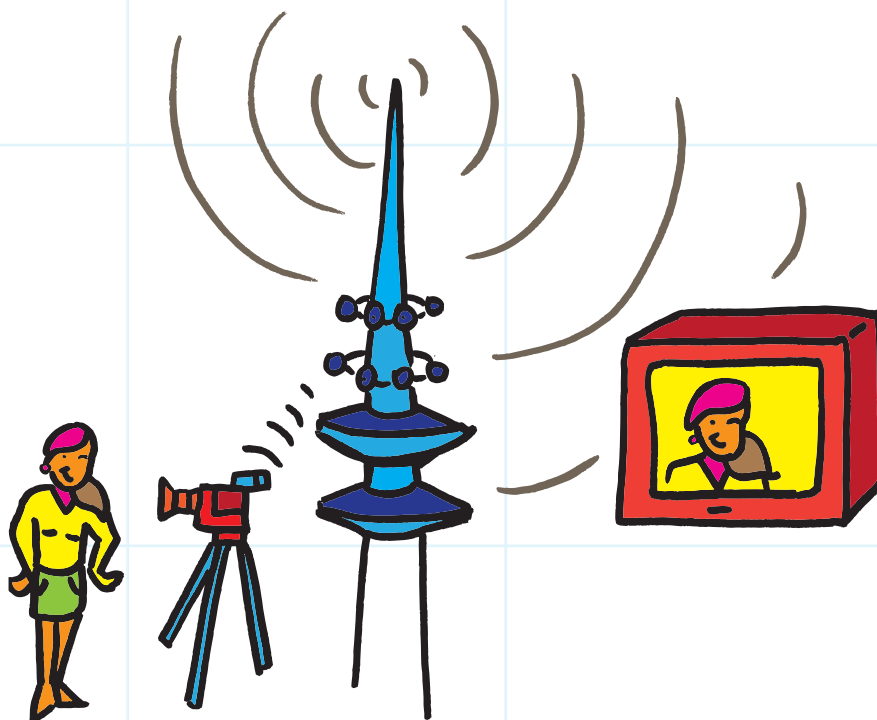
Pero, de repente, la imagen desapareció. “¡Uf, se ha estropeado la televisión!”, se quejó Ángela. Su madre dejó el periódico y se sentó junto a ella. “No creo. Más bien parece sólo un corte de la transmisión. Será por la tormenta. Voy a llamar a la compañía”. Después de llamar, la madre de Ángela dijo: “Bueno, justo lo que pensaba, el viento ha provocado una avería en uno de los transmisores, o sea que puede que pase un rato hasta que puedas volver a ver Disney Channel”. Ahora Ángela sentía curiosidad: “¿Podrías explicarme cómo funciona la televisión, mamá?”.

Su madre se rascó la cabeza: “¡Menuda pregunta! El funcionamiento de la televisión es algo muy complicado, pero intentaré explicártelo de la manera más sencilla que pueda. En el *estudio de televisión* una *cámara* graba las imágenes que luego son enviadas por una enorme *antena* a todo el país. Las imágenes viajan transportadas por *ondas invisibles* hasta nuestros aparatos de televisión, más o menos igual que una pelota arrastrada por las olas a la orilla del mar.

*estudio de televisión,
cámara, antena
ondas invisibles*

nivel I
6-8 años





De repente, del televisor salió una vocecilla. “¡Mira, está funcionando otra vez!”, gritó Ángela. Por fin pudo ver su programa favorito.

Un poco más tarde las dos estaban sentadas viendo la televisión, Ángela con un refresco y su madre con una taza de café. “¿Has comprendido lo que te he explicado?”, le preguntó su madre. “Sí”, dijo Ángela, “es algo difícil, pero creo que he entendido la idea general. Tendré que explicárselo todo a Pablo cuando vuelva a casa, porque él cree que los *dibus* viven de verdad en el televisor”. A las dos les pareció divertido y se echaron a reír.

Puntos clave

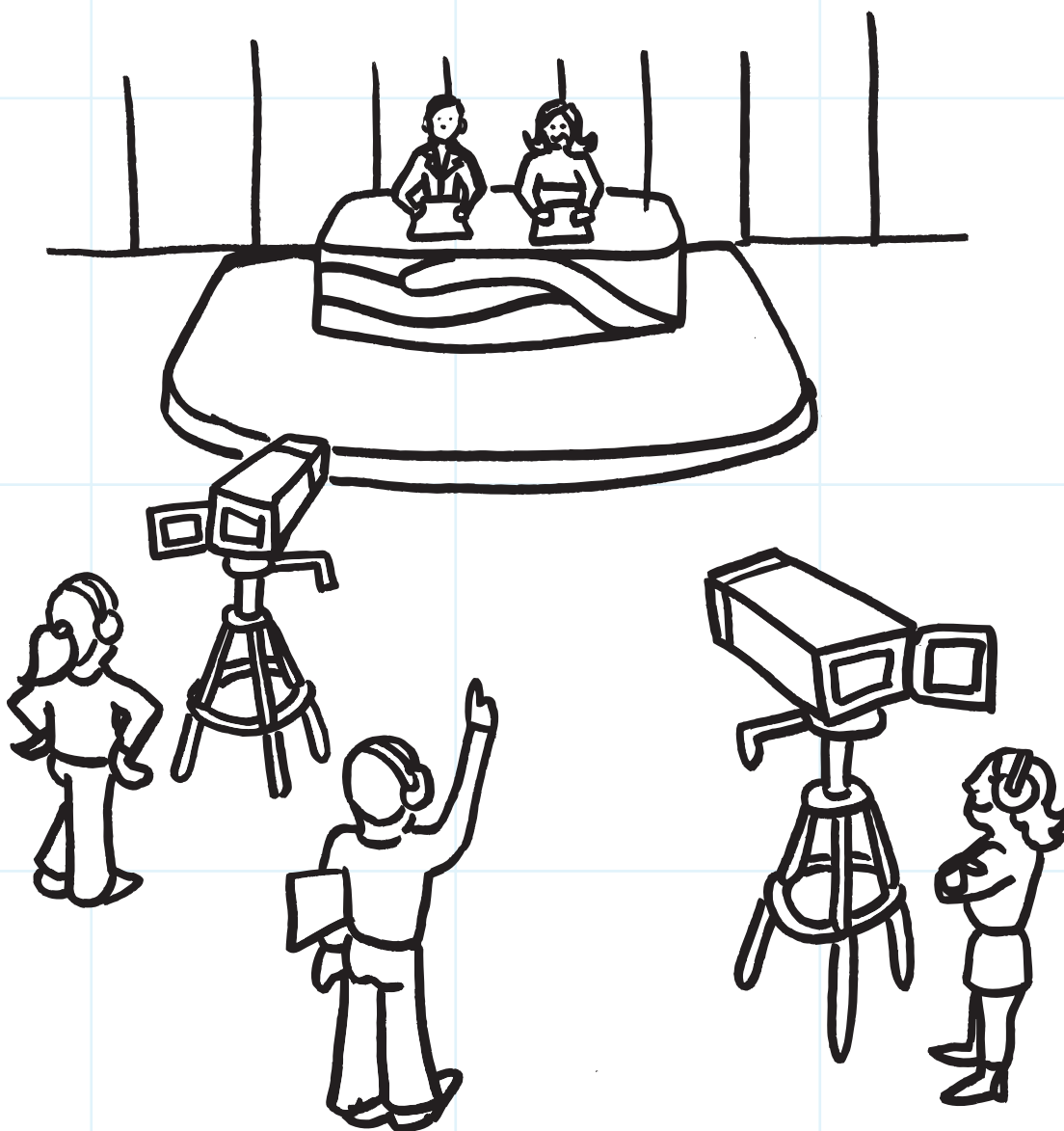
En esta lección has leído que los programas de televisión se graban en un estudio mediante una cámara. Esta cámara transmite unas ondas invisibles a una enorme antena. La antena emite esas ondas. Tu televisor las recibe. Piensa en esto la próxima vez que mires un programa de televisión en casa.

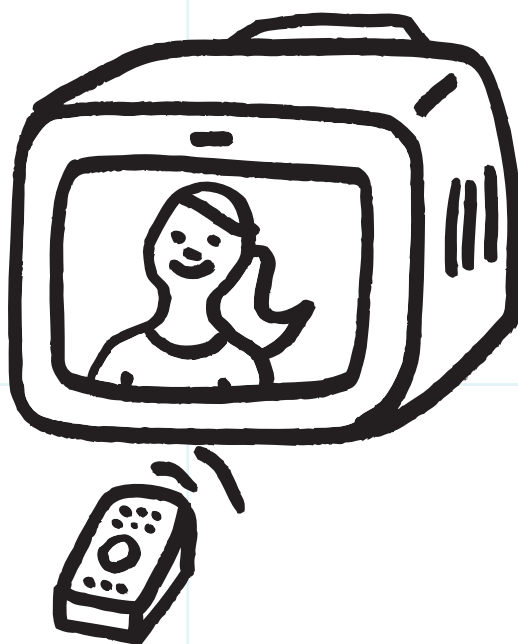
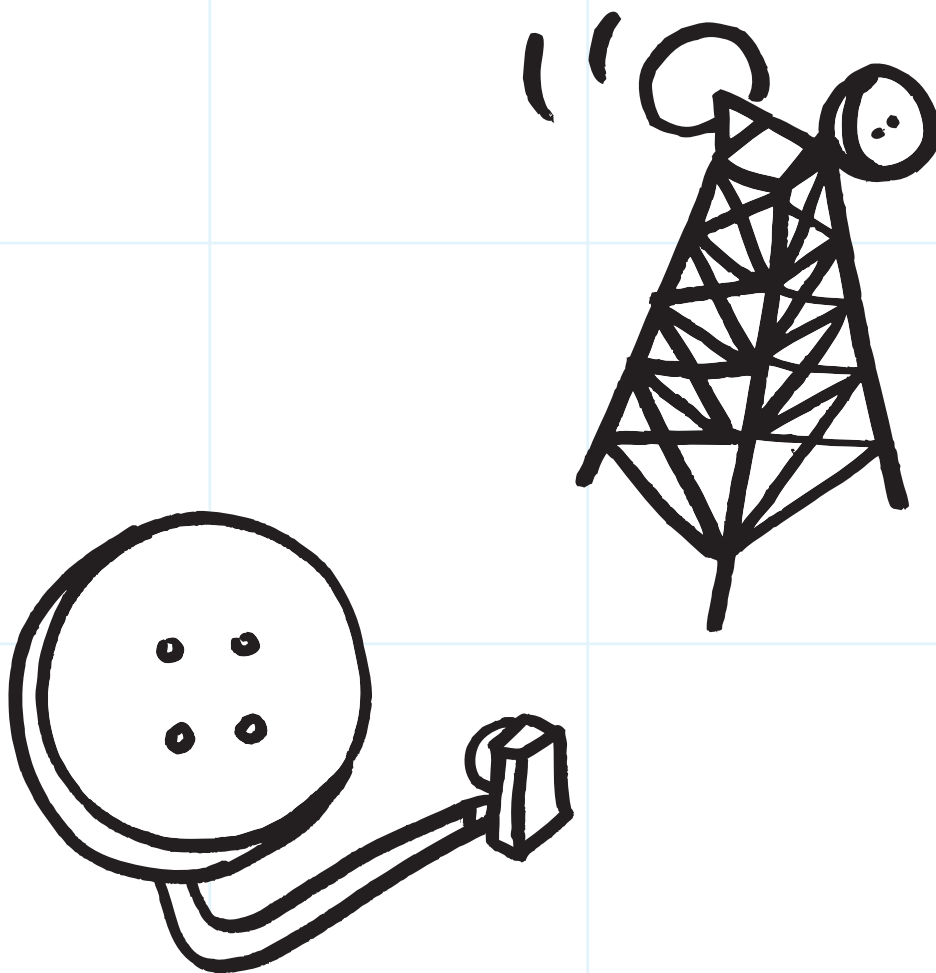
Preguntas y respuestas

1. ¿Hay personas dentro de la televisión? ¿Dónde están las personas que vemos en la televisión?
2. ¿Cómo llegan las imágenes a la pantalla de televisión?
3. ¿Qué programas de televisión te gusta ver?

Identifica y colorea

Escribe debajo de cada dibujo el nombre del elemento representado y coloréalo

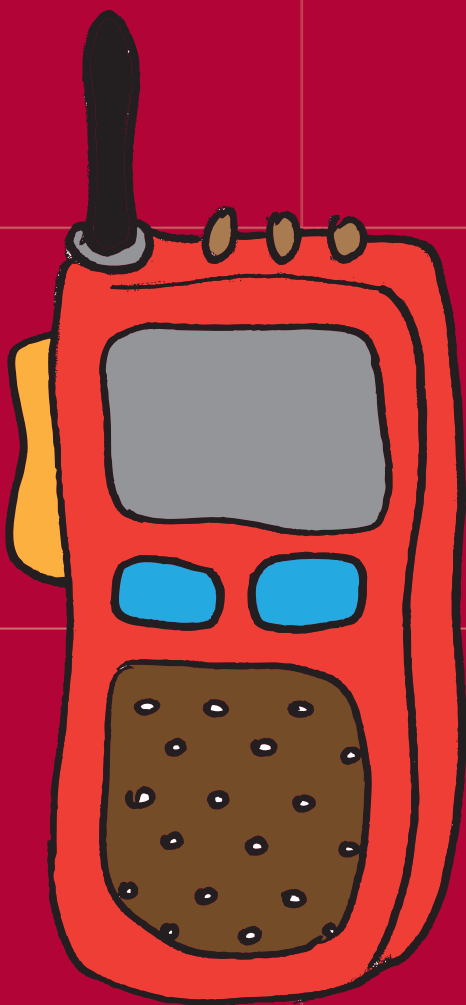




unidad 3

nivel I
6-8 años

nivel II



nivel II

alumnado de 8 a 10 años

40 | **unidad 1**
Radiación solar

46 | **unidad 2**
Al hospital o al dentista

54 | **unidad 3**
El *walkie-talkie*





nivel II

Consta de tres unidades para el alumnado de 8 a 10 años.

Información

En cada unidad se propone una lectura que el profesor/a puede leer en clase o pedir a algunos alumnos/as que la preparen en casa y la lean a sus compañeros. Todas las lecturas giran en torno a dos personajes principales, Pablo y Ángela, que se ven envueltos en distintas situaciones a través de las cuales descubren cómo protegerse de los rayos del sol, cómo protegerse de los rayos X, y aprenden cómo se transmite el sonido.

Todas estas cuestiones han sido tratadas en el nivel I, pero ahora se abordan con mayor profundidad.

Es importante que, en este nivel, los alumnos/as adquieran un conocimiento más detallado sobre la radiación que les rodea y que sepan identificar sus efectos y aplicaciones.

Contenidos

Se tratan los siguientes temas:

- La función protectora de la atmósfera contra la radiación solar (rayos ultravioleta – rayos cósmicos).
- Aplicaciones de los rayos X: las radiografías.
- La transmisión de las ondas: el funcionamiento del *walkie-talkie*.

Puede encontrarse información general de estos temas en el suplemento técnico.

nivel II
8-10 años

Unidades nivel II

unidad 1 Radiación solar

- Sugerencias didácticas
- Lectura
- Puntos clave, preguntas y actividades

unidad 2 Al hospital o al dentista

- Sugerencias didácticas
- Lectura
- Puntos clave, preguntas y actividades

unidad 3 El *walkie-talkie*

- Sugerencias didácticas
- Lectura
- Puntos clave, preguntas y actividades

Evaluación

Cada unidad consta de unas actividades con las que se puede evaluar el grado de adquisición de los conocimientos y consecución de los objetivos. Se puede pedir que, por grupos, inventen una noticia relacionada con lo que han aprendido en la unidad y la presenten a sus compañeros como si fuese un informativo de la televisión.

Al terminar este nivel los alumnos/as deben:

- Reconocer la función protectora de la atmósfera contra la radiación solar.
- Saber de qué forma los médicos y los dentistas utilizan los rayos X.
- Explicar la transmisión de las ondas mecánicas y las ondas electromagnéticas que nos permite comunicarnos con un *walkie-talkie*.

nivel II

nivel II
8-10 años

Unidad 1

Radiación solar

Objetivos

Al final de la unidad, el alumno/a podrá:

- Identificar distintos tipos de radiaciones que llegan a la Tierra procedentes del sol: luz visible, rayos infrarrojos, rayos ultravioletas y rayos cósmicos.
- Relacionar cada tipo de radiación con los efectos que produce.
- Conocer las formas de protección contra la radiación ultravioleta (en la piel y en los ojos).
- Valorar la importancia de la atmósfera para protegernos de los efectos nocivos de la radiación solar.

Tiempo mínimo propuesto

50 minutos

Sugerencias didácticas

Como introducción el profesor/a puede empezar con un experimento sencillo, demostrando lo que ocurre cuando se coloca una hoja de papel entre una linterna y el globo terráqueo. Poco a poco se van añadiendo más hojas y se pide a los alumnos/as que expliquen lo que observan. Seguidamente el profesor/a lee o cuenta la historia de la “Radiación solar” y después puede proponer que se realicen una serie de actividades que se relacionan a continuación, y cuyas soluciones se adjuntan.

Preguntas y respuestas

1. ¿Qué llevaba Pablo el día que se fue de excursión y por qué?
Llevaba gorra y gafas de sol, y se puso crema solar para protegerse de los efectos negativos de los rayos solares.
2. ¿Cuáles son los rayos solares que tienen efectos nocivos, es decir, que nos pueden hacer daño?
Los rayos ultravioletas y los rayos cósmicos.

3. ¿Sabes cuáles son los efectos negativos que nos pueden producir los rayos ultravioletas?
Enrojecimiento y quemaduras de la piel, quemaduras en los ojos y aumento de la probabilidad de padecer cáncer de piel.

Verdadero o falso

1. Todos los rayos solares son “malos”.
Falso, los rayos solares son esenciales para la vida en la Tierra, nos aportan vitaminas y son necesarios para que las plantas puedan crecer.
2. Los rayos solares “malos” son los rayos ultravioletas y los rayos cósmicos.
Verdadero.
3. La atmósfera nos protege de los rayos ultravioletas.
Verdadero.
4. Cuando vamos a la montaña no es tan necesario como en la playa protegernos de la radiación solar.
Falso, en la montaña el sol también es perjudicial, incluso más que en la playa porque con la altitud disminuye la capa atmosférica que tenemos sobre nosotros y, entonces, la atmósfera nos protege menos de la radiación solar.
5. Para protegernos de la radiación ultravioleta nos ponemos crema protectora y llevamos gorra y gafas de sol adecuadas.
Verdadero.
6. Cuando viajamos en avión recibimos mayor cantidad de rayos cósmicos que en la Tierra.
Verdadero, además los rayos cósmicos tienen un gran poder de penetración y pueden atravesar las paredes del avión.
7. La atmósfera nos protege de los rayos cósmicos.
Verdadero, la atmósfera hace de filtro y nos protege.

Posteriormente podrán realizar las siguientes actividades complementarias

- Identificar cada tipo de radiación procedente del sol con los efectos que produce.
- Colorear un dibujo basado en el relato, de forma que el alumno o alumna identifique los rayos perjudiciales (ultravioletas y cósmicos) y los coloree en rojo, la luz visible en amarillo, los rayos infrarrojos en naranja y la atmósfera en azul. Se puede explicar que todas estas radiaciones en mayor o menor medida, atraviesan la atmósfera. Explicar que al hacerlo, los rayos cósmicos se transforman en “otras ondas y partículas menos peligrosas”.

Unidad 1

Radiación solar

Ángela habla de los rayos solares y de lo que ocurre cuando atraviesan la atmósfera terrestre.

Me llamo Ángela, me voy a ir de vacaciones y quiero ponerme bien morena, pero Pablo, que va al mismo colegio que yo, dice que tendría que tener cuidado, porque el *sol* puede hacer daño a la piel. Acaba de volver de una excursión con el colegio a la montaña; no le dejaban estar al sol sin ponerse un montón de crema protectora, y además tenía que llevar un sombrero y gafas de sol. El guía dijo que había que tener mucho cuidado cuando se está en la montaña, porque hay menos atmósfera por encima de nuestras cabezas para protegernos de los *rayos* nocivos del sol.

Pero yo sé que los rayos del sol son esenciales para nuestra vida en la Tierra, y son necesarios para que las plantas puedan crecer, así que no creo que puedan hacernos daño.

Pablo estaba de acuerdo en que la mayoría de los rayos solares deben ser buenos para nosotros, pero decía que entre los rayos buenos también hay



radiación ultravioleta

atmósfera terrestre

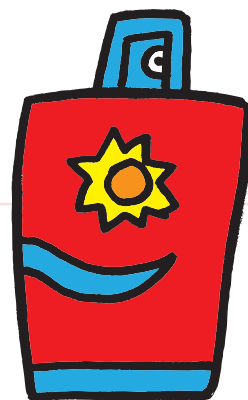
rayos infrarrojos

luz visible

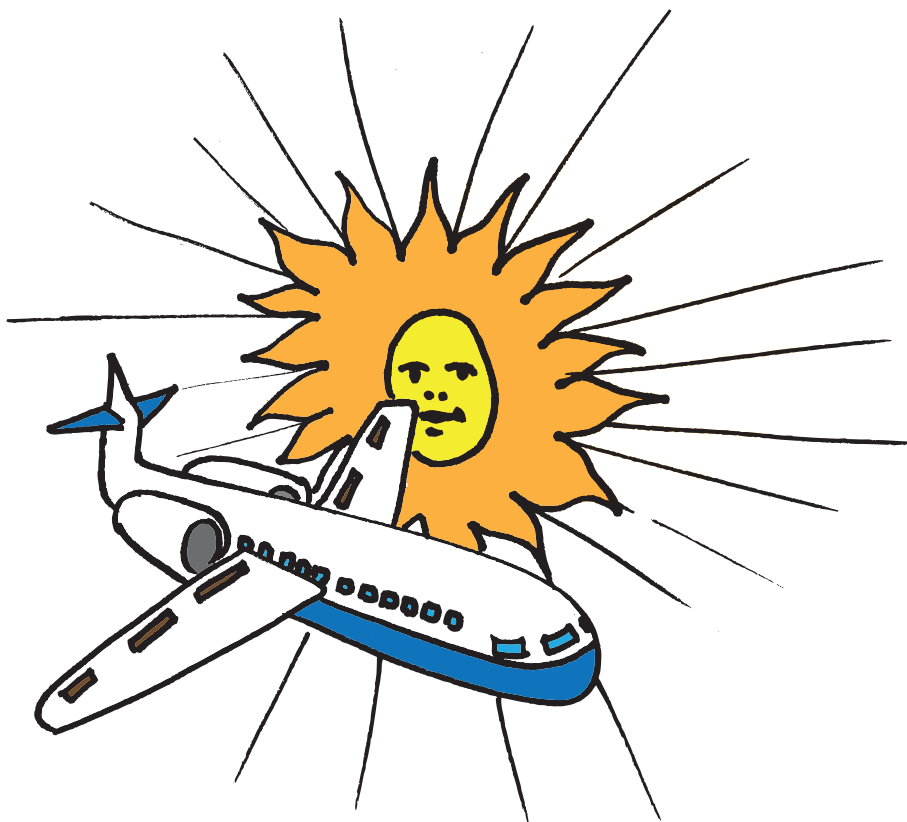
rayos cósmicos

algunos malos. Yo le pregunté cómo se puede saber cuáles son buenos y cuáles son malos. “Mira lo que pone en este bote de crema protectora”, dijo Pablo. “Dice que es para proteger la piel de los efectos nocivos de la radiación ultravioleta, así que los rayos malos son los rayos ultravioleta”. Las gafas de sol protegen los ojos de esos rayos, pero no todas las gafas de sol son adecuadas. En realidad, la atmósfera terrestre también actúa de forma parecida a unas gafas de sol, y protege a toda la Tierra de esos rayos, aunque deja pasar la luz y los rayos infrarrojos que nos proporcionan el calor que nosotros necesitamos”.

Pablo dijo que la atmósfera no impide el paso de la luz visible, porque, de lo contrario, no podríamos ver nada. “Pero sí impide el paso de la luz por la noche”, dije yo, “porque se pone oscuro”. “Ah, eso es porque la Tierra gira y el Sol se pone tras el horizonte, de forma que a los rayos que vienen directamente del Sol los tapa la Tierra”, dijo Pablo, “pero a cualquier hora y en cualquier lugar de la Tierra en que nos encontremos, seguimos recibiendo una cierta cantidad de radiación invisible procedente del sol y del espacio exterior, a la que llamamos rayos cósmicos”. El guía de la excursión también le dijo a Pablo que estos rayos cósmicos salen despedidos del sol en forma de pequeñas partículas y de otro tipo de radiación, y junto con la radiación proveniente del espacio exterior (radiación galáctica), viajan por el espacio como pequeños cohetes golpeando todo lo que encuentran en su camino, ¡incluida la Tierra! “¡Basta, basta!”, dije yo, “ya no me voy de vacaciones, es demasiado peligroso”. “No te preocupes”, dijo Pablo, “la atmósfera detiene también la mayor parte de los rayos cósmicos. Las personas que viven en las montañas reciben más rayos cósmicos que nosotros y están muy sanas”.



Crema protectora



nivel II
8-10 años

“Bueno”, le dije a Pablo, “de todas formas tendré cuidado de llevarme una crema protectora. ¿Crees que venderán también alguna crema protectora especial contra los rayos cósmicos?”.

Justo antes de salir de vacaciones me acordé de lo que Pablo me había dicho sobre los rayos cósmicos, porque caí en la cuenta de que iba a viajar en avión. Seguramente, el avión viajaría más alto que la montaña de Pablo, ¡y yo recibiría unos cuantos rayos cósmicos de más! Fui corriendo a casa de Pablo. Le pregunté si los rayos cósmicos podían entrar en el avión. “Sí” dijo Pablo, “nuestro guía dijo que una parte de los rayos cósmicos eran como rayos X y que podían atravesar las paredes del avión. Pero tú no vas a estar en el avión mucho tiempo, así que la cantidad de radiación que recibas será bastante pequeña. No te preocupes, las vacaciones van a ser muy buenas para tu salud; simplemente, ten cuidado con el sol”.

Puntos clave

El sol emite rayos de distintas clases. Algunos de ellos son filtrados por la atmósfera terrestre. Es necesario protegerse de los rayos solares, especialmente donde la altitud es mayor.

Preguntas y respuestas

1. ¿Qué llevaba Pablo el día que se fue de excursión y por qué?
2. ¿Cuáles son los rayos solares que tienen efectos nocivos, es decir, que nos pueden hacer daño?
3. ¿Sabes cuáles son los efectos negativos que nos pueden producir los rayos ultravioletas?

Verdadero o falso

1. Todos los rayos solares son “malos”.
2. Los rayos solares “malos” son los rayos ultravioletas y los rayos cósmicos.
3. La atmósfera nos protege de los rayos ultravioletas.
4. Cuando vamos a la montaña no es tan necesario como en la playa protegernos de la radiación solar.
5. Para protegernos de la radiación ultravioleta nos ponemos crema protectora y llevamos gorra y gafas de sol adecuadas.
6. Cuando viajamos en avión recibimos mayor cantidad de rayos cósmicos que en la Tierra.
7. La atmósfera nos protege de los rayos cósmicos.

Los efectos del sol

Une mediante flechas el tipo de radiación con el efecto que produce.

Radiación

Luz visible

Rayos infrarrojos

Rayos ultravioletas

Efectos

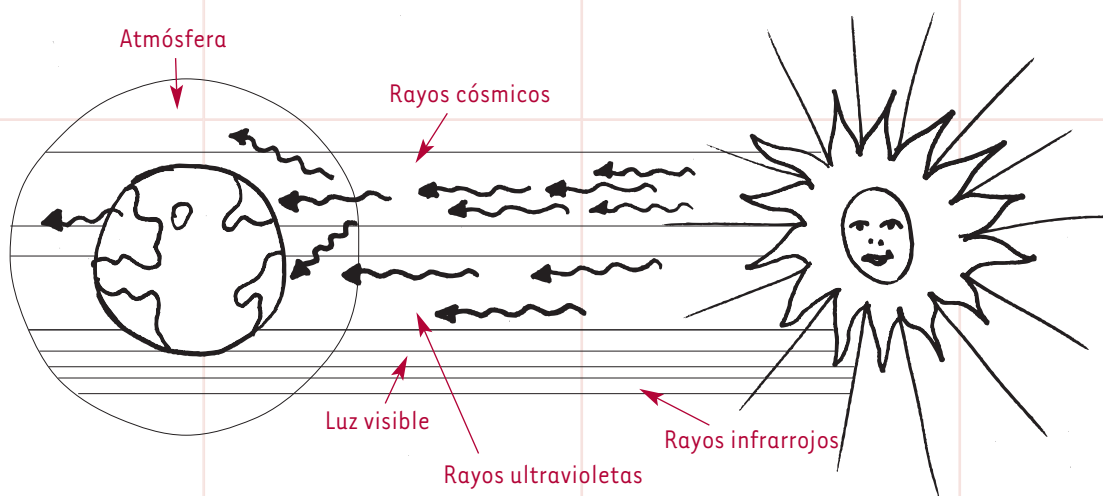
Nos calientan

Producen quemaduras solares

Podemos ver las cosas

Identifica y colorea

Identifica los rayos perjudiciales (ultravioletas y cósmicos) y píntalos en rojo, la luz visible en amarillo, los rayos infrarrojos en naranja y la atmósfera en azul.



nivel II
8-10 años

unidad 2

Unidad 2

Al hospital o al dentista

Objetivos

Al final de la unidad, el alumno/a podrá:

- Saber que el aparato de rayos X emite rayos invisibles que pueden atravesar el cuerpo.
- Aprender que los rayos X son un tipo de radiación ionizante que utilizan los médicos y dentistas para hacer las radiografías.
- Reconocer la utilidad de las radiografías para ver el interior del cuerpo humano.
- Valorar la necesidad de proteger las partes del cuerpo que no van a ser radiografiadas.

Tiempo mínimo propuesto

100 minutos (en esta unidad se proponen dos lecturas)

Sugerencias didácticas

Se leen los relatos en clase (lectura individual o en voz alta por parte del profesor/a o de algún alumno/a). A continuación el profesor/a pregunta si alguien se ha roto alguna vez un hueso y qué le pasó en el hospital, o si su dentista le ha hecho una radiografía y porqué se la hizo. Se pide a los alumnos que comparen ambos relatos y que identifiquen lo que tienen en común (rayos X, el interior del cuerpo, la protección). Se puede tratar la unidad centrándose en una sola lectura (tiempo mínimo: 50 minutos).

Se pueden llevar radiografías a clase y pedir a los alumnos/as que identifiquen a qué parte del cuerpo corresponden.

Después puede proponer que se realicen una serie de actividades que se relacionan a continuación, y cuyas soluciones se adjuntan.

Preguntas y respuestas

1. ¿Qué puede ver el médico o el dentista en una radiografía?
Los huesos, el interior del cuerpo, las fracturas, el interior de los dientes.
2. ¿Puedes ver los rayos cuando un aparato de rayos X te hace una radiografía?
No, los rayos X son invisibles.
3. ¿Por qué Ángela y Pablo tienen que ponerse un delantal plomado?
Para protegerse de los rayos X otras partes del cuerpo.
4. ¿Por qué crees que el dentista tiene que mantenerse lejos mientras se hace la radiografía?
Para protegerse de la radiación de los rayos X.

Sopa de letras

Buscar en esta sopa de letras las siguientes palabras: radiografía, rayos X, huesos, mandíbula (éstos términos aparecen en las lecturas propuestas).

Las palabras están colocadas horizontal, vertical o diagonalmente.

G	H	S	K	P	D	A	Z	T	R
D	F	N	M	H	R	I	B	Q	A
R	A	Y	O	S	X	D	H	L	D
A	X	W	O	B	E	S	U	L	I
L	Z	A	Q	N	A	B	E	H	O
V	X	Y	Ñ	K	I	H	S	N	G
I	V	L	G	D	S	K	O	B	R
S	G	K	N	L	F	Ñ	S	F	A
F	J	A	L	P	I	P	I	T	F
M	M	F	R	Q	A	Q	L	O	I
O	J	E	U	W	O	E	S	Z	A

Copia y completa

Copiar este resumen en el cuaderno y completarlo con las palabras incluidas en los recuadros de abajo.

- Si un médico quiere estar seguro de si hay algún hueso roto dentro del cuerpo, tiene que hacer una **radiografía**.
- Los dentistas también hacen **radiografías** para ver bien el interior de los dientes y la mandíbula.
- Las **radiografías** se hacen con un aparato de **rayos X**.
- Los **rayos X** son invisibles y llevan mucha **energía** para poder atravesar el cuerpo.
- Se usan **delantales plomados** para **proteger** las partes del cuerpo que no van a ser radiografiadas.

Radiografía (s)

Rayos X

Energía

Delantales plomados

Proteger

Posteriormente podrán realizar la siguiente actividad complementaria

- Los alumnos se colocan por parejas y eligen un texto. Se trata de que intenten transformar el texto en un diálogo con dos personajes. Se puede pedir a alguna pareja que represente su diálogo.



unidad 2

nivel II
8-10 años

Unidad 2

Al hospital o al dentista

Este relato empieza cuando Ángela se encuentra a la puerta de un hospital contando una anécdota que le ocurrió el año pasado.

¿Al hospital? ¡Bah!

¡Hola, soy Ángela! Estoy frente a la entrada del hospital al que tuve que venir hace un año. Había ido a mi clase de hípica y aquella tarde estábamos practicando saltos. Mi caballo no estaba de buen humor y se encabritó en el segundo obstáculo. Me caí al suelo y al momento sentí un dolor insoportable en la pierna derecha. No podía andar y me llevaron directamente al hospital.



Me llevaron al Servicio de Urgencias. Allí, me pusieron una inyección para aliviar el dolor, y el médico, el doctor López, me hizo pasar a la sala de rayos X.

Él pensaba que me había roto la pierna, pero no estaba seguro. Desde fuera no se podía saber. En la sala de rayos X hicieron una “foto” del interior de mi pierna, que llamaron radiografía, después de que me hubiesen puesto un *delantal de plomo* sobre la tripa para proteger mi cuerpo de los rayos X.

delantal de plomo

En la radiografía, el doctor López podía ver los huesos y saber si había una fractura o no.

Ésta es una de las radiografías de mi pierna. Pueden verse todos los huesos: la rótula, la tibia y el peroné que estaba roto. Gracias a la inyección que me habían puesto no sentía demasiado dolor, y por eso quise saber un poco

aparato de rayos X

radiografía

más sobre las radiografías. El médico me dijo que el *aparato de rayos X* emite rayos que pueden atravesar el cuerpo. Puesto que la luz normal no puede penetrar a través del cuerpo humano, en una foto normal sólo vemos el exterior de las personas. En una *radiografía* podemos ver el interior.

Me pusieron una escayola en la pierna. Gracias a las radiografías, el doctor López sabía exactamente cómo colocar los huesos de mi pierna. Después de algún tiempo tuve que volver, y me hicieron más radiografías para ver si los huesos se habían soldado bien. Por suerte, así era. Entonces me quitaron la escayola. Me alegré cuando me dijeron que me podía llevar la escayola a casa, porque ¡estaba tan llena de firmas!



Puntos clave

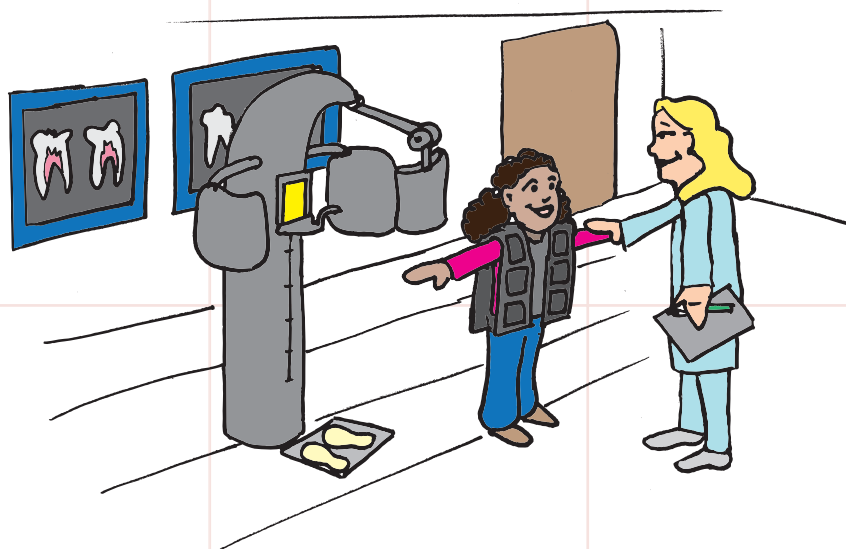
Si un médico quiere estar seguro de si hay algún hueso roto dentro del cuerpo, tiene que hacer una radiografía con un aparato de rayos X.

Se usan delantales plomados para proteger ciertas partes del cuerpo de los rayos X.

¿Al dentista? ¡Bah!

La semana pasada después de comer algunos caramelos, de repente noté un dolor en la boca. Se transformó en un punzante dolor de muelas, y sentía cómo me palpitaban las encías. El dolor se extendió a toda la cara y mi madre llamó inmediatamente a la dentista, la doctora Cervera, para pedirle una cita. Era urgente, así que me atendió el mismo día. “Pablo”, me dijo, “tienes una inflamación bastante fea, y quiero ver cómo es de grande. Tenemos que usar un aparato de rayos X para mirarte dentro de la mandíbula”.

Debí parecerle un poco preocupado y me dijo que no iba a notar nada.



Sala de rayos X de una clínica dental

unidad 2

Todo lo que tenía que hacer era sujetar una plaquita con la película dentro de la boca. Ella acercó una máquina que tenía un brazo mecánico y la colocó apuntando a mi mejilla. Me puso un pesado delantal de plomo sobre el pecho y una especie de collar alrededor del cuello para impedir que los rayos X penetraran en el resto de mi cuerpo. Luego mi madre y la doctora salieron de la habitación, para evitar recibir la radiación. Debí de poner en marcha la máquina desde fuera de la habitación, porque casi inmediatamente ya estaba de vuelta para llevarse el soporte de cartón. ¡Ya habían sacado la radiografía! Yo no había notado nada.



Tuve que esperar hasta que revelaron la película, y la doctora me enseñó la radiografía. Pude seguir el perfil del diente hasta dentro de la mandíbula, y allí me enseñó una mancha oscura “Ésa es la inflamación” dijo, “ahora sabemos cómo tratar el diente para que esté mejor dentro de unos pocos días”. Yo ya me sentía mejor: era reconfortante saber exactamente qué pasaba con el diente para que la dentista pudiera ponerme el tratamiento adecuado.

Puntos clave

Los rayos X también son utilizados por los dentistas para examinar los dientes y la mandíbula de los pacientes.

Se usan delantales plomados para proteger de los rayos X ciertas partes del cuerpo.

Preguntas y respuestas

1. ¿Qué puede ver el médico o el dentista en una radiografía?
2. ¿Puedes ver los rayos cuando un aparato de rayos X te hace una radiografía?
3. ¿Por qué Ángela y Pablo tienen que ponerse un delantal plomado?
4. ¿Por qué crees que el dentista tiene que mantenerse lejos mientras se hace la radiografía?

nivel II
8-10 años

Sopa de letras

Buscar en esta sopa de letras las siguientes palabras: radiografía, rayos X, huesos, mandíbula.

Las palabras están colocadas horizontal, vertical o diagonalmente.

G	H	S	K	P	D	A	Z	T	R
D	F	N	M	H	R	I	B	Q	A
R	A	Y	O	S	X	D	H	L	D
A	X	W	O	B	E	S	U	L	I
L	Z	A	Q	N	A	B	E	H	O
V	X	Y	Ñ	K	I	H	S	N	G
I	V	L	G	D	S	K	O	B	R
S	G	K	N	L	F	Ñ	S	F	A
F	J	A	L	P	I	P	I	T	F
M	M	F	R	Q	A	Q	L	O	I
O	J	E	U	W	O	E	S	Z	A

Copia y completa

Copia este resumen en tu cuaderno, y complétalo con las palabras incluidas en los recuadros.

- Si un médico quiere estar seguro de si hay algún hueso roto dentro del cuerpo, tiene que hacer una
- Los dentistas también hacen para ver bien el interior de los dientes y la mandíbula.
- Las se hacen con un aparato de
- Los son invisibles y llevan mucha para poder atravesar el cuerpo.
- Se usan para las partes del cuerpo que no van a ser radiografiadas.

Radiografía (s)

Rayos X

Energía

Delantales plomados

Proteger

nivel II
8-10 años

unidad 3

Unidad 3

El *walkie-talkie*

Objetivos

Al final de la unidad, el alumno/a podrá:

- Explicar con sus propias palabras los principios básicos de las ondas de radio (ondas electromagnéticas).
- Conocer los principios básicos de las ondas sonoras (ondas mecánicas).

Tiempo mínimo propuesto

50 minutos

Sugerencias didácticas

El profesor lee o cuenta la historia de “El *walkie-talkie*”. Se repasan las distintas etapas en la transmisión de una onda sonora. Se puede preguntar en clase qué otros aparatos se utilizan actualmente para transmitir sonidos (como por ejemplo el teléfono móvil).

Después puede proponer que se realicen una serie de actividades que se relacionan a continuación, y cuyas soluciones se adjuntan.

Preguntas y respuestas

1. Por el cumpleaños de Pablo ¿qué le regaló su madre? ¿Para qué sirve?
Un walkie-talkie. Sirve para comunicarse de un lugar a otro.
2. ¿Qué tipo de ondas permiten que el sonido se transmita de un lugar a otro?
Las ondas de radio y las ondas sonoras.
3. Para qué sirve la antena del *walkie-talkie*?
Para enviar o recoger las ondas de radio.
4. ¿Para qué sirve la cuerda del *walkie-talkie* de la edad de piedra?
Para transmitir las ondas sonoras.

Diferencias y semejanzas

Copiar cada frase en la columna adecuada según sea una característica del *walkie-talkie* moderno de Pablo, del *walkie-talkie* de la edad de piedra (de la madre de Pablo) o de ambos.

- Utiliza una especie de micrófono.
- Transmite palabras (sonidos) de un lugar a otro.
- Utiliza ondas de radio para realizar la transmisión.
- Utiliza ondas sonoras directas (mecánicas) para realizar la transmisión.
- No necesita ningún elemento de conexión entre el transmisor y el receptor.
- Necesita una cuerda como elemento de conexión entre el transmisor y el receptor.

<i>Walkie</i> edad piedra	Los dos <i>walkies</i>	<i>Walkie</i> moderno
Utiliza ondas sonoras directas (mecánicas) para realizar la transmisión Necesita una cuerda como elemento de conexión entre el transmisor y el receptor	Utiliza una especie de micrófono Transmite palabras (sonidos) de un lugar a otro	Utiliza ondas de radio para realizar la transmisión No necesita ningún elemento de conexión entre el transmisor y el receptor

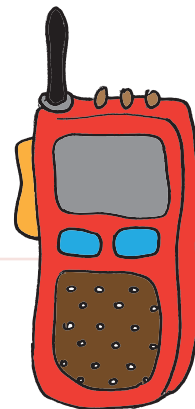
Posteriormente podrán realizar la siguiente actividad complementaria

- Construir un *walkie-talkie* (requiere preparación previa):

Se necesitan unas latas o unos recipientes de yogur y una cuerda para unirlos por las bases.

Unidad 3

El walkie-talkie



Ángela y Pablo están jugando con un par de *walkie-talkies*. La madre de Pablo explica las semejanzas y diferencias entre las ondas de radiofrecuencia y las ondas sonoras

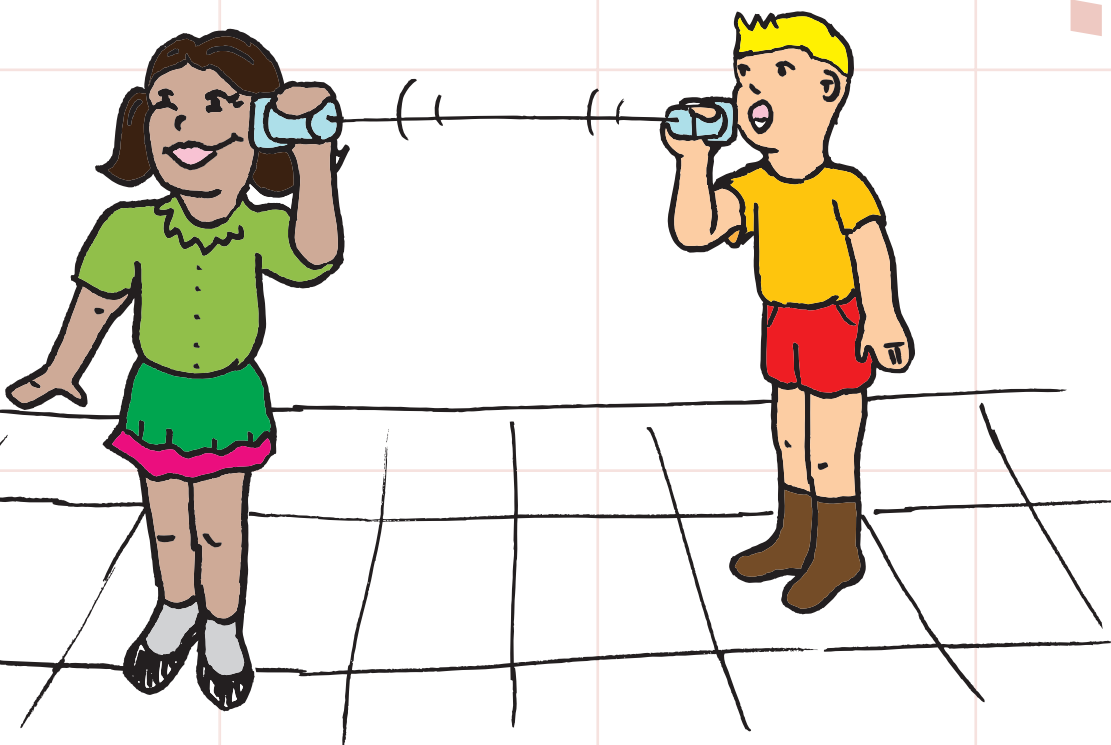
El sábado pasado, Pablo cumplía nueve años, e iba a tener una fiesta de cumpleaños. Cuando se levantó, su padre ya estaba preparando la tarta. Había invitado a todos sus amigos del colegio y del barrio, pensando que a cuantos más amigos invitase más regalos le traerían. A las cinco de la tarde empezaron a llegar, y media hora más tarde estaban todos jugando o corriendo por la casa. Pablo, en cambio, estaba sentado a la mesa rodeado por papeles de regalo de todos los colores. Parecía más bien triste, así que Ángela le preguntó qué le pasaba. “Todo el mundo me ha traído un regalo”, contestó él, “menos mamá”. Su madre le oyó y dijo: “¡Cómo! ¿No te lo he dado? Se me ha olvidado. ¡Qué tonta!” Le guiñó un ojo a Ángela. “Toma, Pablo, espero que te guste”. Pablo volvió a animarse en cuanto vio el paquete que le había dado su madre. Lo abrió rápidamente y vio que era un juego de *walkie-talkies*, el regalo que siempre había deseado. “Gracias, mamá,” dijo, “ahora podemos jugar a que somos dos policías que se hablan con el *walkie-talkie*. Voy a salir fuera, y vamos a ver si podemos oírnos, Ángela”. Salió corriendo al jardín.



nivel II
8-10 años

Ángela miró el *walkie-talkie* y dijo: “Pero ¿cómo funciona? No sé lo que tengo que hacer”. “Ah, es muy fácil”, le explicó la madre de Pablo, “sólo tienes que apretar el botón y hablar cerca del micrófono. Dentro del micrófono, los sonidos que tú produces se transforman en señales eléctricas. Esas señales van hasta la antena del *walkie-talkie*, que las transforma en ondas de radio. Las ondas viajan fuera de la casa, donde son recibidas por la antena del *walkie-talkie* de Pablo, que las vuelve a convertir en ondas sonoras y en palabras”.

“Hola, hola, inspector Pablo al habla. ¿Puedes oírme, Ángela? Cambio”. Ángela se rió y apretó el botón del *walkie-talkie*: “Alto y claro”, dijo, “El inspector Pablo puede volver a entrar: ya no hay peligro”. “De acuerdo. Cambio y corto”, contestó Pablo.



“¡Es fantástico!”, dijo Ángela, “¡Puedo oír todo lo que dices como si estuvieras aquí a mi lado!”. “¿Sabes?”, dijo la madre de Pablo, “cuando yo era pequeña nos hacíamos nuestros propios *walkie-talkies*, ¿De verdad? ¿Cómo lo hacíais?”, preguntó Ángela. “Bueno, pues, cogíamos dos latas, les hacíamos un agujero en el fondo y las uníamos con un trozo de cuerda bien largo”. “¿Y funcionaban?”, preguntó Ángela. “¡Sí, claro que funcionaban!”, dijo la madre de Pablo. “Verás, lo que ocurre es que las ondas sonoras golpean las paredes de la lata, que funciona como un

ondas sonoras

nivel II
8-10 años

micrófono, y luego son transmitidas a través de la cuerda directamente a la otra lata, donde tú puedes escucharlas. Funciona más o menos igual que el *walkie-talkie* de Pablo, pero es menos complicado, desde luego, y más barato”. Estas ondas sonoras son un poco distintas de las ondas del *walkie-talkie* que te he regalado, y necesitan de la cuerda para poder transmitir el sonido.

Pablo, que había alcanzado a oír el final de la conversación, contestó rápidamente: “¡Lo que tú tenías, Mamá, era un *walkie-talkie* de la edad de piedra!”.

Todos soltaron una buena carcajada.

Puntos clave

El sonido se transmite de un walkie-talkie a otro mediante ondas de radio, pero el sonido también puede transmitirse directamente, en forma de ondas sonoras que recorren un trozo de cuerda.

Preguntas y respuestas

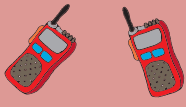
1. Por el cumpleaños de Pablo, ¿qué le regaló su madre?
¿Para qué sirve?
2. ¿Qué tipo de ondas permiten que el sonido se transmita de un lugar a otro?
3. ¿Para qué sirve la antena del walkie-talkie?
4. ¿Para qué sirve la cuerda del walkie-talkie de la edad de piedra?

Diferencias y semejanzas

Copia cada frase en la columna adecuada según sea una característica del *walkie-talkie* moderno de Pablo, del *walkie-talkie* de la edad de piedra (de la madre de Pablo) o de ambos.

- Utiliza una especie de micrófono.
- Transmite palabras (sonidos) de un lugar a otro.
- Utiliza ondas de radio para realizar la transmisión.
- Utiliza ondas sonoras directas (mecánicas) para realizar la transmisión.

- No necesita ningún elemento de conexión entre el transmisor y el receptor.
- Necesita una cuerda como elemento de conexión entre el transmisor y el receptor.

		
Walkie edad piedra	Los dos walkies	Walkie moderno

Construye tu propio walkie-talkie

Material necesario:

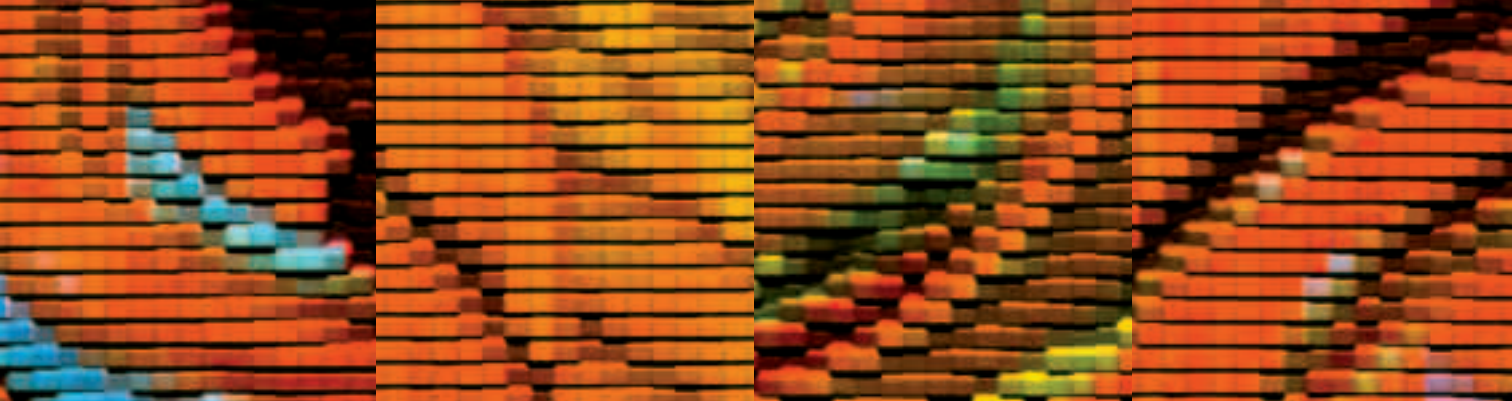
Se necesitan dos latas o dos recipientes de yogur y una cuerda para unirlos por las bases.



nivel II
8-10 años

nivel III





nivel III

alumnado de 10 a 12 años

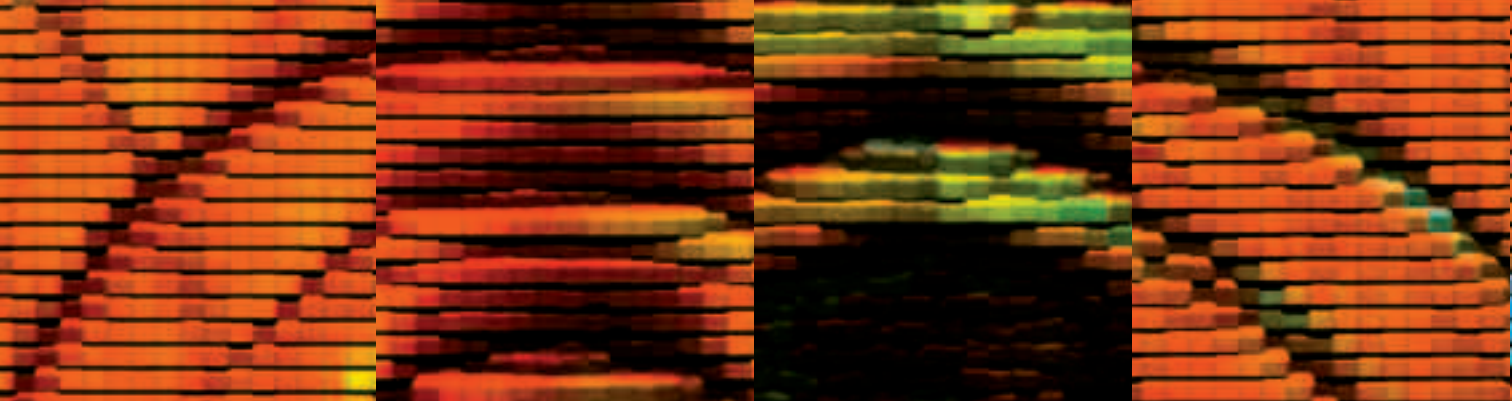
64 | *unidad 1*
Luz, calor y sonido

70 | *unidad 2*
¿Becquerel?, ¿quién es?

79 | *unidad 3*
Aplicaciones hospitalarias

84 | *unidad 4*
¿Podemos vivir sin radiación ionizante?





nivel III

Consta de cuatro unidades para el alumnado de 10 a 12 años.

Información

Hay dos personajes principales, Pablo y Ángela. Son dos niños de 10 años que aprenden cosas nuevas sobre la radiación junto con el tío de Ángela, el doctor A. Tomo.

Este nivel comienza con una unidad sobre una clase de radiación con la que los alumnos/as ya están familiarizados, la radiación no ionizante, que incluye la luz, el calor (radiación infrarroja) y el sonido (que se puede propagar por medio de ondas electromagnéticas o mecánicas).

En las siguientes unidades (2 a 4) se introduce la radiación ionizante y algunas de sus aplicaciones en el campo de la medicina y la industria.

Es importante que, en este nivel, los alumnos/as adquieran un conocimiento detallado sobre los distintos tipos de radiación que les rodea y que sepan identificar sus efectos y aplicaciones.

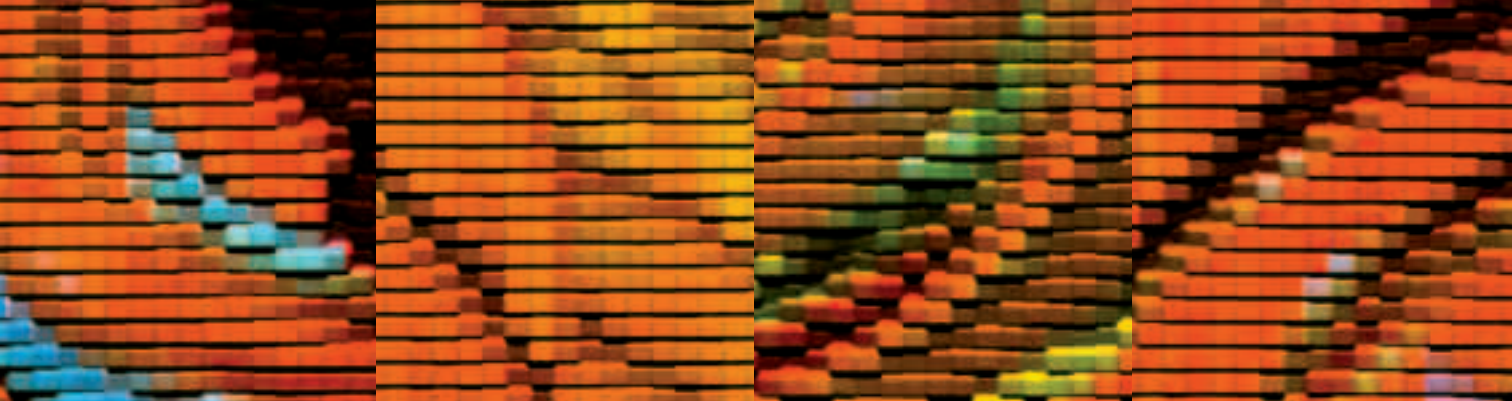
Contenidos

Se tratan los siguientes temas:

- Radiación no ionizante.
- Radiación ionizante de origen natural: la radiactividad.
- Radiación ionizante de origen artificial: aplicaciones en medicina, seguridad, industria, etc.

Puede encontrarse información general de estos temas en el suplemento técnico.

nivel III
10-12 años



Unidades nivel III

unidad 1 Luz, calor y sonido

- Sugerencias didácticas
- Lectura
- Puntos clave, preguntas y actividades

unidad 2 ¿Becquerel?, ¿quién es?

- Sugerencias didácticas
- Lectura
- Puntos clave, preguntas y actividades

unidad 3 Aplicaciones hospitalarias

- Sugerencias didácticas
- Lectura
- Puntos clave, preguntas y actividades

unidad 4 ¿Podemos vivir sin radiaciones ionizantes?

- Sugerencias didácticas
- Lectura
- Puntos clave, preguntas y actividades

Evaluación

Cada unidad consta de actividades con las que se puede evaluar la adquisición de conocimientos y la consecución de los objetivos. Se puede pedir que, escriban artículos “científicos” sobre varios aspectos de la radiación, como por ejemplo explicar qué clases de radiación existen, qué es la radiación no ionizante y cuáles son sus efectos, qué es la radiación ionizante y para qué se utiliza, qué es la radiactividad, quiénes fueron Becquerel y Röntgen y qué descubrieron, etc.

Al terminar este nivel los alumnos deben:

- Identificar los distintos tipos de radiaciones (ionizantes y no ionizantes).
- Saber qué es la radiactividad y nombrar alguna sustancia radiactiva.
- Ser capaces de nombrar algunas aplicaciones de las radiaciones ionizantes, además de las médicas.

nivel III

nivel III
10-12 años

unidad 1

Unidad 1

Luz, calor y sonido

Objetivos

Al final de la unidad, el alumno/a podrá:

- Describir varias clases de radiación no ionizante.

Tiempo mínimo propuesto

50 minutos

Sugerencias didácticas

Se puede introducir la unidad pidiendo a un alumno/a que se acerque a la calefacción (si está encendida) o que se ponga al sol y preguntarle qué siente y por qué cree que nota calor. Explicar que el calor es el efecto de un tipo de radiación no ionizante que son los rayos infrarrojos. Se puede completar la explicación añadiendo que hay otros tipos de radiaciones no ionizantes que nos permiten ver y oír.

Después el profesor/a y varios alumnos/as leen el relato propuesto (cada uno representa un personaje: narrador, Ángela, Pablo y el tío Armando).

A continuación puede proponer que se realicen una serie de actividades que se relacionan a continuación, y cuyas soluciones se adjuntan.

Preguntas y respuestas

1. ¿Qué tres tipos de radiación no ionizante se describen en el texto? ¿Qué efectos tienen?
La luz (nos permite ver).
La radiación infrarroja (nos calienta).
Las ondas de radiofrecuencia (nos permiten oír la radio, el teléfono, etc.).
2. ¿Qué sentimos cuando nos llega mucha radiación infrarroja?
Sentimos calor.
3. ¿Qué tipo de radiación no ionizante nos llega del sol?
La radiación infrarroja, la luz visible y la radiación ultravioleta.
4. ¿Crees que la radiación no ionizante que produce luz, calor y sonido se percibe por los sentidos?
Sí, se puede ver, sentir y oír.

Completar las frases

La radiación **infrarroja** es un tipo de radiación **no ionizante** cuyo principal efecto es calentarnos.

El sol emite **radiación infrarroja** que nos calienta, y **radiación ultravioleta** que nos pueden producir quemaduras si no utilizamos **crema protectora**.

Las **ondas de radiofrecuencia** son un tipo de radiación **no ionizante** gracias a la cual podemos ver la televisión, oír la radio, hablar por teléfono, etc.

La **luz** es una forma de radiación **no ionizante** gracias a la cual podemos ver los objetos.

luz

no ionizante

radiación ultravioleta

crema protectora

infrarroja

ondas de radiofrecuencia

no ionizante

radiación infrarroja

no ionizante



nivel III
10-12 años

unidad 1

Unidad 1

Luz, calor y sonido



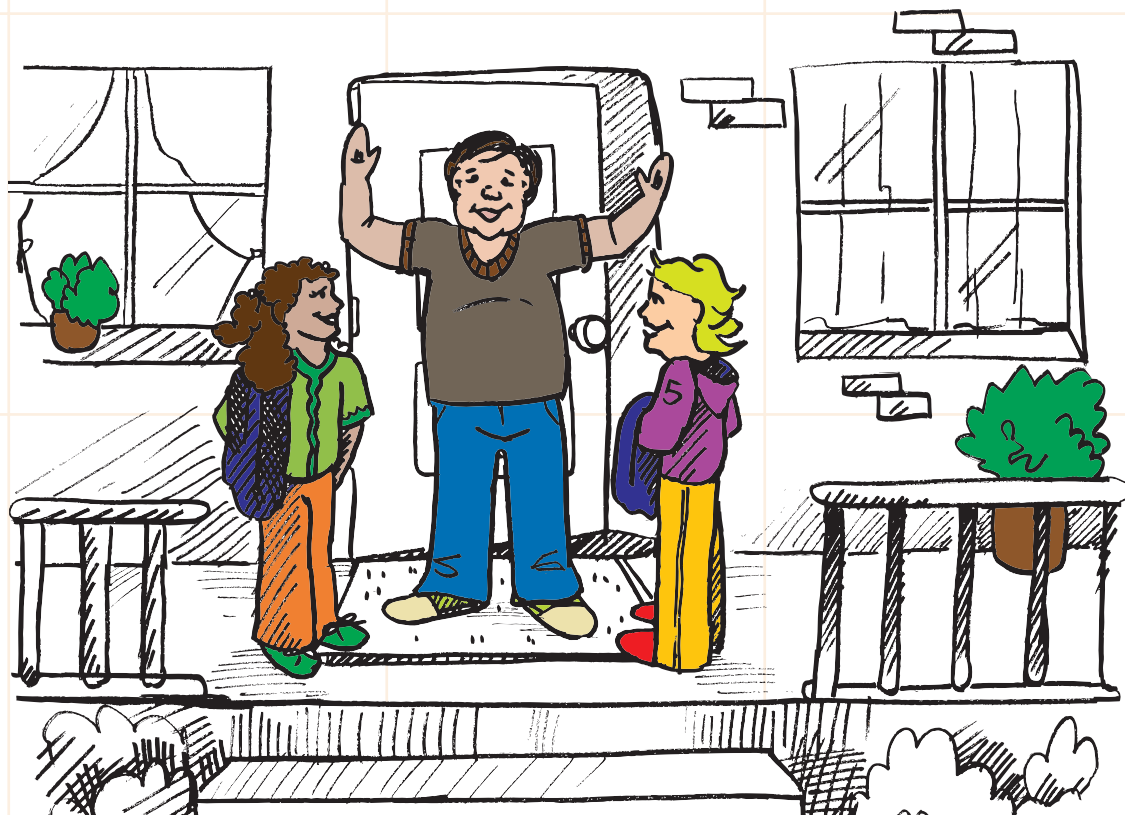
En esta unidad aprenderéis más cosas sobre la radiación no ionizante, que podemos percibir en forma de: calor, sonido y luz visible.

Pablo y Ángela son vecinos y muy buenos amigos. Ya tienen 10 años y van al mismo colegio. Eso resulta muy útil cuando tienen que hacer los deberes; no es que hagan los deberes juntos todos los días, pero a veces se ayudan mutuamente cuando Ángela no entiende algún ejercicio de gramática, o cuando Pablo tiene problemas con las matemáticas.

Un día, de la semana pasada, tras una clase muy pesada de Conocimiento del Medio, mantenían la siguiente conversación al volver a casa: “No he entendido nada de lo que el profesor ha dicho en clase”, suspiró Pablo, “todo eso de la radiación *no ionizante* e *ionizante*... o algo así. ¿Tú lo has entendido, Ángela?”. “Esta vez a mi también me ha parecido muy difícil”, admitió Ángela. “Creo que no voy a poder ayudarte”. “Pero”, dijo Pablo, “¡si vamos a tener un examen sobre eso la próxima semana! ¿Qué voy a hacer?”. Ángela intentó darle ánimos: “No te preocupes, ya se nos ocurrirá algo”.

radiación no ionizante

De repente algo se le ocurrió a Pablo. “¿No vive cerca de aquí ese tío tuyo que es un genio? ¿No es un médico o un profesor, o algo así?”. “¡El tío Armando!”, exclamó Ángela. “Sí, claro, es profesor de física en la universidad”. Ángela miró el reloj. “Vive aquí al lado. Vamos a ver si está en casa”.



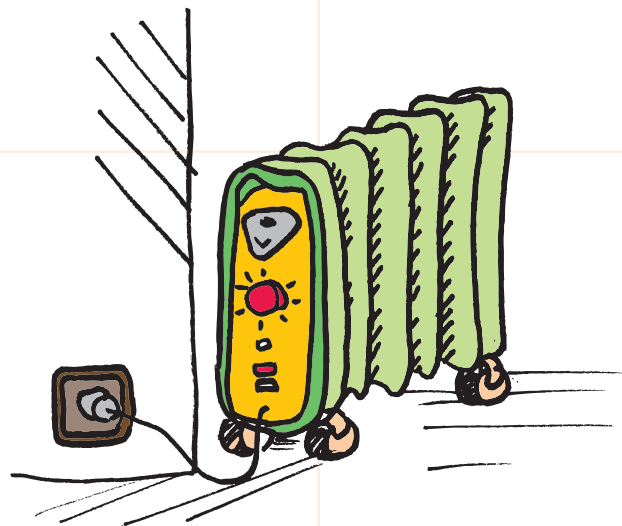
nivel III
10-12 años

Poco después estaban frente a una casa con una placa en la puerta: “Dr. A. Tomo”. Entonces Pablo empezó a ponerse un poco nervioso. Estaba impresionado por esa gran casa y ese nombre altisonante. “¿Tú crees que deberíamos realmente...?”, preguntó mirando preocupado a Ángela. “¡Sí, claro!”, dijo Ángela, tan decidida como de costumbre y pulsó con resolución el timbre. Segundos después la puerta se abrió, y apareció el tío de Ángela. No se parecía mucho al profesor que Pablo se había imaginado. En lugar de un hombre alto, delgado y con gafas, de traje oscuro y aspecto de despistado y gruñón, Pablo vio a un hombre gordito, alegre y amistoso que vestía una camiseta. Les invitó a pasar y Ángela le contó que les había resultado difícil comprender lo que su profesor les había explicado sobre la radiación.

“Tenéis razón, es un tema difícil”, admitió el científico. “Pero, en primer lugar, quitaos los jerséis. No hace frío porque acaban de encender la calefacción”. Ángela y Pablo se quitaron los jerséis y se sentaron al lado del tío Armando, que les sonrió y dijo: “Si queréis saber algo más sobre la *radiación*, será mejor que empecemos por las cosas que tenemos alrededor. ¿Veis esos radiadores? Bueno, pues emiten una *radiación*, que se llama *infrarroja*, que podemos sentir en la cara, las manos y las piernas porque es *energía calorífica*. Cuanto más te acerques a ella más la sentirás. ¿Por qué no probáis?”. Ángela y Pablo se acercaron más al radiador. “Sí, es verdad, yo lo noto”. “¡Ay!” exclamó Pablo, “¡Quema!”. ¡Se había acercado demasiado!

radiación

radiación infrarroja
energía calorífica



radiación

radiación ultravioleta
quemar

“Es algo parecido a lo que ocurre con el sol”, dijo Ángela. “Yo sé que el sol también emite *radiación* que produce sensación de calor, se llama radiación infrarroja y se nota especialmente en verano, cuando jugamos al aire libre. Pero hay que tener cuidado de no estar al sol demasiado tiempo o la piel se quema, porque el sol también emite *radiación ultravioleta*. Como el año pasado, Pablo, cuando te *quemaste*” “Sí, ya me acuerdo”, dijo Pablo, “se me olvidó ponerme crema protectora”.

nivel III
10-12 años

El tío Armando empezó a decir algo, pero de pronto sonó el teléfono. El tío Armando se quedó pensativo unos segundos, y luego preguntó: “Por cierto, ¿sabéis que el *sonido* también puede transmitirse a través de un tipo de radiación? Son las *ondas de radiofrecuencia*. En otras palabras, a veces la energía calorífica o los sonidos viajan a través del aire en forma de ondas, exactamente igual que las demás formas de radiación”.

sonido
ondas de
radiofrecuencia



“Bueno”, prosiguió, “debe de ser bastante tarde, ya está oscureciendo.

Supongo que tenéis que ir a casa. Voy a encender la *luz* para que *veáis* donde están vuestros jerséis”. Cuando encendió la luz, el tío Armando explicó que la luz de la lámpara también era una forma de radiación. “Así que, como veis”, dijo, “hay más radiaciones a nuestro alrededor de lo que creáis”. “Bueno, gracias tío Armando” dijo Ángela, “mañana vendremos a verte otra vez”. “Sí, venid”, contestó su tío, “porque quiero contaros algo sobre otra clase de radiación, una que es más complicada, y se llama “*radiación ionizante*”.

luz / ver

Puntos clave

En esta unidad has aprendido algo más sobre tres clases de radiación no ionizante que están a tu alrededor como la radiación infrarroja (que se manifiesta en forma de calor), la ultravioleta (que puede producir quemaduras), la luz visible (que nos permite ver) y la radiofrecuencia (que permite la transmisión de sonidos).



Espectro ondas electromagnético

Radiación no ionizante					Radiación ionizante		
Radio	Microondas	Infrarrojo	Luz visible	Ultravioleta	Rayos X	Gamma	Cósmicos

Preguntas y respuestas

1. ¿Qué tres tipos de radiación no ionizante se describen en el texto? ¿Qué efectos tienen?
2. ¿Qué sentimos cuando nos llega mucha radiación infrarroja?
3. ¿Qué tipo de radiación no ionizante nos llega del sol?
4. ¿Crees que la radiación no ionizante que produce luz, calor y sonido se percibe por los sentidos?

Completa las frases

La radiación es un tipo de radiación cuyo principal efecto es calentarnos.

El sol emite que nos calienta, y que nos pueden producir quemaduras si no utilizamos

Las son un tipo de radiación gracias a la cual podemos ver la televisión, oír la radio, hablar por teléfono, etc.

La es una forma de radiación gracias a la cual podemos ver los objetos.

luz

no ionizante

radiación ultravioleta

crema protectora

infrarroja

ondas de radiofrecuencia

no ionizante

radiación infrarroja

no ionizante

unidad 2

Unidad 2

¿Becquerel?, ¿quién es?

Objetivos

Al final de la unidad, el alumno/a podrá:

- Describir qué descubrió Becquerel.
- Describir que hay otro tipo de radiación que se llama ionizante.
- Conocer que a nuestro alrededor hay radiactividad natural.

Tiempo mínimo propuesto

50 minutos.

Sugerencias didácticas

Se puede introducir la unidad buscando en Internet información sobre Becquerel (cuándo y dónde nació, alguna fotografía...). No es necesario que profundicen en los conceptos sobre la radiactividad. Se puede introducir el tema explicando que hay radiación no ionizante (tratada en la unidad anterior) y radiación ionizante. En esta unidad se explica que la radiactividad emitida de forma natural por algunas sustancias es un tipo de radiación ionizante; y que las sustancias que emiten este tipo de radiación se llaman sustancias radiactivas.

Después el profesor/a o algún alumno/a lee el relato propuesto y los demás responden a las preguntas sobre la lectura. Las respuestas correctas figuran en el solucionario.

Posteriormente, pueden realizar las siguientes actividades (este material se puede fotocopiar y hacerlo en casa):

1. Verdadero o falso.
2. El experimento de Becquerel.

Se trata de que los alumnos/as expliquen con sus palabras cómo, cuándo y quién descubrió la radiactividad.

3. Investiga.

Los alumnos/as pueden buscar información sobre la vida de Marie Curie y realizar un pequeño trabajo. Es interesante resaltar la labor científica de las mujeres y éste es un buen ejemplo. Los trabajos se pueden exponer en la clase siguiente.

nivel III
10-12 años

Preguntas y respuestas

1. ¿Quién fue Becquerel y qué descubrió?
Becquerel fue un científico francés del siglo XIX. Descubrió la radiactividad natural, es decir, que existen determinadas sustancias que emiten radiactividad de forma natural. La radiactividad es un tipo de radiación ionizante.
2. ¿Qué les pasó a las placas fotográficas de Becquerel? ¿Por qué?
Se velaron a pesar de estar guardadas en un armario. Porque en el armario había un trozo de uranio que emitió radiación ionizante.
3. ¿Becquerel investigaba solo o tenía un ayudante? ¿Crees que esto sigue siendo así?
Tenía un ayudante. Sí, la investigación actual es una labor de muchos científicos que se ayudan mutuamente.
4. ¿Qué dos sustancias radiactivas se mencionan en el texto?
El uranio y el torio.
5. Escribe dos ejemplos de radiación ionizante.
Los rayos X (tratados en el tema anterior) y la radiactividad.



unidad 2

Verdadero o falso

1. Henri Becquerel fue un científico que vivió en Francia en el siglo XIX.
Verdadero.
2. Becquerel descubrió la radiactividad por casualidad.
Verdadero.
3. La radiactividad es un tipo de radiación no ionizante, como la luz, los infrarrojos y las ondas de radio.
Falso, la radiactividad es un tipo de radiación ionizante.
4. Todos los minerales emiten radiactividad.
Falso, sólo los materiales radiactivos emiten radiación (uranio, torio, polonio...). La mayoría de los minerales no son radiactivos.
5. El uranio y el torio son minerales que emiten radiactividad natural.
Verdadero.

El experimento de Becquerel

Explicar con sus propias palabras cómo descubrió Becquerel la radiactividad natural. ¿Crees que fue por casualidad?

Becquerel pidió a su ayudante Jean que guardase en un armario unas placas fotográficas para que no les diera la luz y no se estropearan. En el armario también había un trozo de uranio. Pasados unos días sacó las placas y vio que se habían estropeado. Pensó que su ayudante había abierto el armario y la luz había velado las placas. Lo que realmente había ocurrido era que el uranio había emitido radiación (radiactividad) y ésta había velado las placas.

El descubrimiento de la radiactividad natural fue por casual.

Investigar

En el texto se menciona a dos conocidos científicos: los esposos Curie. Buscar información y realizar un trabajo sobre Marie Curie, que ha sido la única persona en recibir dos premios Nobel en distintos campos científicos (uno en física y otro en química).



unidad 2

nivel III
10-12 años

unidad 2

Unidad 2

¿Becquerel?, ¿quién es?

En la primera unidad has aprendido algo sobre la luz, las ondas de radio-frecuencia y la radiación infrarroja. Son tipos de radiación no ionizante que se pueden ver, oír o sentir.

Pero existe otro tipo de radiación que no se percibe a través de los sentidos pero que está presente en nuestra vida cotidiana y que llamamos radiación ionizante. En algunos casos su origen es natural. Vamos a volver con Ángela y Pablo y veamos qué aprenden sobre la radiación ionizante.

Pablo y Ángela llegaron a casa del tío Armando. Había prometido contarles más cosas sobre otra clase de radiación. “¡Hola, tío Armando!”, dijo Ángela, “aquí estamos otra vez. Tenemos curiosidad por saber qué más querías contarnos sobre la radiación”. “Está bien, pasad”, dijo el tío Armando. “No os esperaba tan pronto, pero no importa. Acabo de terminar uno de mis experimentos. Prometí que hablaríamos de la radiación ionizante. Es un tema bastante difícil, pero ya sé qué podemos hacer. Podemos ver un documental que tengo y hablaremos sobre él”.

Mientras el tío Armando buscaba el documental Ángela vio sobre una estantería una cámara de fotos muy grande, y le preguntó a su tío “¿Es muy antigua esa cámara?” Su tío le contestó “Sí, la tengo desde hace tiempo y no es como las cámaras digitales que utilizáis ahora normalmente, sino que en ésta hay que meter una película fotográfica, que es donde se graba la imagen cuando hago una foto”. Pablo preguntó “¿También se ven las fotos en la propia cámara?” “No”, dijo el tío Armando, “Hay que sacar de la cámara la película fotográfica para revelarla y conseguir las fotos en papel, pero en un sitio oscuro para que no le llegue la luz porque sino se vela y perdemos las imágenes ¡queda todo negro!”.

“¿Qué documental vamos a ver?”, preguntó Ángela. “Es sobre la vida y descubrimientos de un científico francés que vivió entre finales del siglo XIX y principios del siglo XX, llamado *Henry Becquerel*”, respondió el tío Armando.

En el documental aparecía Henry Becquerel trabajando en el laboratorio, con su ayudante Jean.

“Jean, guarda estas placas fotográficas⁽¹⁾ en un lugar oscuro, protegidas de la luz, para que no se estropeen, porque las vamos a necesitar para unos experimentos que haremos dentro de unos días”.



Henry Becquerel

Henry Becquerel

nivel III
10-12 años

⁽¹⁾ Las placas fotográficas son placas sensibles a la luz y deben estar protegidas. No deben exponerse a la luz del día, o de lo contrario se estropearán (velarán).

uranio

Al cabo de unos días, Becquerel fue a buscar las placas fotográficas y vio que habían estado expuestas a algún tipo de radiación, porque tenían unas manchas oscuras. Llamó a Jean y le preguntó: “¿Has dejado que entrara la luz y velara las placas fotográficas?”. Jean contestó: “Las placas han estado todo el tiempo en el cajón, a oscuras, junto con un trozo de ese mineral de *uranio*⁽²⁾ tal y como me dijo que hiciera para continuar con sus experimentos”.

Después de mucho pensar, Becquerel le dijo a Jean: “Tal vez el mineral que está en el cajón, al lado de la placa fotográfica, haya producido algún tipo de luz, aunque esto tengo que pensarlo más detenidamente porque es muy extraño”

Días más tarde, Jean vio que Becquerel saltaba de alegría cuando, al repetir el experimento, observó que el trozo de uranio, que era el mineral que había dejado en el cajón, dejaba una marca en una placa fotográfica.



El uranio emite radiación ionizante y decimos que es radiactivo

radiación de origen natural
radiación ionizante

torio

sustancias radiactivas

Cuando terminó el documental, el tío Armando les preguntó: “¿Os ha gustado?”. “Sí”, respondieron a la vez Pablo y Ángela, “¿nos puedes hacer un resumen del documental que hemos visto?”.

“Sí”, contestó el tío Armando: “Becquerel fue la primera persona que descubrió, por casualidad, que algunas sustancias, como el uranio, emiten de manera espontánea una *radiación de origen natural*. Esta radiación recibe un nombre bastante complicado: se llama *radiación ionizante*. Y cuando una sustancia emite radiación ionizante, decimos que esa sustancia es radiactiva. Más tarde, los esposos Curie descubrieron que hay otras sustancias como el *torio*, que también emiten radiación ionizante”.

“Así que las sustancias como ésta se llaman *sustancias radiactivas* y emiten radiación”, dijo Pablo para asegurarse de que lo había comprendido. “Eso es” dijo el tío Armando. Entonces Ángela dijo: “Y la radiación que emiten esas sustancias se llama radiación ionizante, y ésta es la otra clase de radiación de la que hablabas antes, que es diferente de la luz, de las ondas de

⁽²⁾ El mineral de uranio emite radiación ionizante.

radiofrecuencia ó del infrarrojo. ¿Es eso?” “Sí eso es”, dijo el tío Armando. “Y, ¿sabéis?, más tarde el nombre de Becquerel dio lugar al *becquerelio*⁽³⁾, que es la unidad que utilizamos para medir la actividad de las sustancias radiactivas”.

becquerelio

“Ya veo”, dijo Ángela, “creo que ahora lo comprendo mucho mejor”. “Yo también”, dijo Pablo.

Puntos clave

En esta lección has aprendido que Becquerel, un científico francés del siglo XIX, descubrió por casualidad que algunas sustancias, como el uranio, emiten radiación. Esta clase de radiación recibe el nombre de radiación ionizante. Las sustancias que emiten ese tipo de radiación se llaman sustancias radiactivas.

Preguntas y respuestas

1. ¿Quién fue Becquerel y qué descubrió?
2. ¿Qué les pasó a las placas fotográficas de Becquerel? ¿Por qué?
3. ¿Becquerel investigaba solo o tenía un ayudante? ¿Crees que esto sigue siendo así?
4. ¿Qué dos sustancias radiactivas se mencionan en el texto?
5. Escribe dos ejemplos de radiación ionizante.

Verdadero o falso

1. Henri Becquerel fue un científico que vivió en Francia en el siglo XIX.
2. Becquerel descubrió la radiactividad por casualidad.
3. La radiactividad es un tipo de radiación no ionizante, como la luz, los infrarrojos y las ondas de radio.
4. Todos los minerales emiten radiactividad.
5. El uranio y el torio son minerales que emiten radiactividad natural.

⁽³⁾ Becquerelio: unidad que se utiliza para medir la actividad de las sustancias radiactivas (1 Bq equivale a una desintegración atómica por segundo).

El experimento de Becquerel

Explica con tus propias palabras cómo descubrió Becquerel la radiactividad natural. ¿Crees que fue por casualidad?

Investiga

En el texto se mencionan a dos conocidos científicos: Pierre y Marie. Busca información y realiza un trabajo sobre Marie Curie, que ha sido la única persona en recibir dos premios Nobel en distintos campos científicos (uno en física y otro en química).



unidad 3

Unidad 3

Aplicaciones hospitalarias

Objetivos

Al final de la unidad, el alumno/a podrá:

- Describir qué es una radiografía.
- Describir de qué forma nos protegemos de los rayos X.
- Describir para qué se pueden utilizar los rayos X en el hospital.

Tiempo mínimo propuesto

50 minutos

Sugerencias didácticas

Se puede introducir la unidad con una sesión de Internet para que los alumnos busquen información sobre Röntgen (por ejemplo, cuándo y dónde nació) y alguna radiografía de la mano de su mujer, en la que aparece el anillo de boda.

En esta unidad se explica que los rayos X son un tipo de radiación ionizante que tiene importantes aplicaciones en medicina: el profesor/a pregunta si alguien se ha roto alguna vez un hueso y qué le pasó en el hospital. Se pueden llevar radiografías a clase y pedir a los alumnos/as que identifiquen a qué parte del cuerpo corresponden. También se puede comentar que el cáncer y los tumores se pueden tratar con radiaciones ionizantes.

Se lee el texto propuesto en clase (lectura individual o en voz alta por parte del profesor/a o de algún alumno/a) y después puede proponer que se realicen una serie de actividades que se relacionan a continuación, y cuyas soluciones se adjuntan.

Preguntas y respuestas

1. ¿De qué clase de radiación ionizante trata el texto?

De los rayos X.

2. ¿Quién fue Röntgen? ¿Qué inventó?

Röntgen fue un científico alemán que vivió a finales del siglo XIX y que inventó una máquina que emite rayos X.

3. Nombra dos aplicaciones de los rayos X que se utilizan actualmente en los hospitales.

Los rayos X se utilizan en los hospitales para hacer las radiografías y para tratar los tumores y el cáncer.

4. ¿Para qué sirven las radiografías?

Para ver el interior del cuerpo humano y saber, por ejemplo, si tenemos algún hueso roto.

5. Cuando te hacen una radiografía ¿por qué te colocan un delantal de plomo?

Para proteger de la radiación las partes del cuerpo que no van a ser radiografiadas.

6. ¿Por qué el enfermero se mete en la cabina cada vez que hace una radiografía?

Para protegerse de la radiación.

7. ¿Cómo se pueden curar los tumores?

Destruyendo las células enfermas con rayos X.

8. ¿Te parece útil la radiación ionizante? ¿Y peligrosa?

Sí, por las razones explicadas anteriormente y peligrosa si estamos expuestos innecesariamente y sin las medidas de protección adecuadas.

Completar

Los rayos X son un tipo de radiación ionizante.

Los rayos X fueron descubiertos en Alemania por un científico llamado Röntgen a finales del siglo XIX.

El aparato de rayos X emite rayos invisibles que pueden atravesar el cuerpo.

Cuando te hacen una radiografía te colocan un delantal de plomo para proteger la parte del cuerpo que no va a ser radiografiada.

Los rayos X sirven para hacer radiografías y también sirven para tratar los tumores y el cáncer.

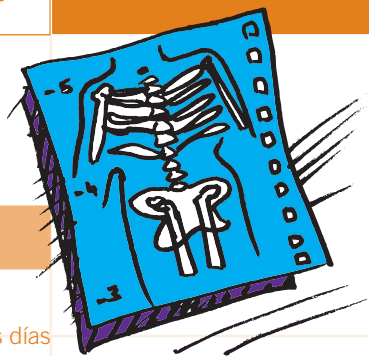
Explicar

¿Para qué sirven las radiografías?

En medicina, los rayos X se utilizan para generar imágenes del interior del cuerpo (radiografías). Estas radiografías son muy útiles para detectar enfermedades en el esqueleto, aunque también se usan para diagnosticar enfermedades en otros tejidos, como es el pulmón (neumonía).

Unidad 3

Aplicaciones hospitalarias



Ángela entró en el estudio de su tío. Le visitaba tan a menudo en esos días que él le había dado una llave de su casa. Como de costumbre, le encontró con la nariz metida entre sus libros.

Hoy te van a ayudar a conocer cómo y para qué se usan los rayos X en los hospitales.

“¡Hola, tío!”, dijo Ángela. “¿Estás estudiando?”.

“¡Ah, hola!”, contestó su tío, echándole una mirada distraída desde detrás de una pila de libros. “Sí, en efecto”, dijo quitándose las gafas. “Desde que vinisteis a preguntarme sobre la radiación no he hecho otra cosa más que pensar en ello”. Le señaló una silla al otro lado del escritorio. “Siéntate y te diré lo que he encontrado en mis libros”

Cuando Ángela se hubo sentado, el tío Armando empezó. “¿Te acuerdas de nuestro viaje al laboratorio del profesor Becquerel?” Ángela asintió. “Bueno, más o menos en la misma época, es decir a finales del siglo XIX, vivió en Alemania un hombre llamado *Röntgen*, que en el año 1895 inventó una máquina que podía emitir un tipo de radiación ionizante. Como tú ya sabes, esta radiación ionizante no se puede ni ver, ni oír, ni sentir”.

Röntgen



nivel III
10-12 años

rayos X

Ángela asintió y preguntó: “Pero ¿por qué construyó el Sr. Röntgen una máquina como ésta?”.

“Ahora te lo digo, espera”, dijo el tío Armando. “La radiación producida por la máquina del Sr. Röntgen es lo que nosotros llamamos *rayos X*. Estos rayos X pueden penetrar a través de todo tu cuerpo”. “¿A través del cuerpo?”, preguntó Ángela incrédula. “¿Es posible?”. “Sí, desde luego que lo es”, dijo su tío, “aunque tú no sientes nada cuando pasa”.



Wilhelm Conrad Röntgen

En ese momento alguien llamó al timbre. El tío Armando salió de detrás de su escritorio y fue a abrir. Pablo estaba en la puerta. “¿Está Ángela aquí?”, preguntó. “Sí, aquí está”, contestó el tío Armando. “Entra, tómate un refresco con nosotros”. “No, gracias, no tengo tiempo, y, de hecho, Ángela tampoco”. “¿Por qué tanta prisa?”, preguntó Ángela, que había oído la última frase.

“Te he estado buscando por todas partes”, dijo Pablo. “¿No te acuerdas de que habíamos quedado en ir a visitar a Andrés al hospital?”. “¡Uy, se me había olvidado!”, dijo Ángela. Miró su reloj. “Pero todavía nos da tiempo”, dijo. “¿Sabes, tío Armando?, Andrés, un compañero de clase, se cayó de la bicicleta hace poco y se rompió una pierna”. “Bueno, tenemos que irnos”, dijo Pablo. “Adiós, Dr. T... quiero decir, tío Armando”. “¡Adiós!”, respondió el tío Armando, pero ellos ya habían salido.

De camino al hospital, Ángela le contó a Pablo lo que el tío Armando le había enseñado esta vez. “¡Qué casualidad!”, dijo Pablo, “a lo mejor también a Andrés le han hecho una radiografía con la máquina de rayos X”. Antes de llegar al hospital, entraron en una tienda a comprar un libro para su amigo.

radiografías

Un poco más tarde estaban junto a la cama de Andrés, que mostraba orgulloso una pierna escayolada que colgaba de una polea. “¿Estás cómodo así?”, preguntó Pablo. “Bueno, no se está demasiado mal, pero todavía no llevo aquí mucho tiempo”, dijo Andrés. “Esta mañana me hicieron algunas *radiografías* y luego me escayolaron la pierna”. Ángela preguntó qué pasó cuando le hicieron las radiografías. “Fue bastante divertido”, dijo Andrés. “Me tuve que tumbar en una mesa y me pusieron sobre la pierna una gran caja de metal que estaba conectada a una máquina de aspecto complicado. El enfermero me dijo que tenía que hacer unas radiografías. Yo estaba todo despeinado, y le pregunté si tenía un peine. Era una broma, claro, porque yo ya sabía que iba a hacer “fotos” de la pierna. Pero él se pensó que yo hablaba en serio, y empezó a explicarme todo sobre las radiografías. Dijo que los rayos X atraviesan todo el cuerpo, pero que no pasan tan fácilmente a través de los huesos. Y, así, la doctora podría ver dónde y cómo se había roto el hueso. Cuando por fin acabó con su explicación, me puso sobre la tripa un *delantal de plomo*, me dijo que no me moviera y entró en una pequeña cabina. Oí un clic y un zumbido, y luego volvió”. “¿Te hicieron sólo una radiografía?”, preguntó Pablo. “No, me hicieron por lo menos cuatro. Y todas las

delantal de plomo

unidad 3

veces él se metía en la cabina. Cuando hubo hecho la última radiografía, le pregunté si necesitaba ir al cuarto de baño otra vez. ¡Ojalá no se lo hubiera preguntado, porque empezó a explicarme todo de nuevo! Me dijo que se escondía para no exponerse demasiadas veces a la radiación. Me dijo que una parte de la radiación ionizante rebota en el paciente, y entonces se dispersa por la habitación en todas las direcciones. Un poco de radiación no puede hacerte daño, pero cuando estás haciendo radiografías durante todo el día es mejor protegerse dentro de una *cabina especial*⁽¹⁾. Luego me explicó por qué me había puesto un delantal de plomo sobre la tripa. Es para *proteger* las partes del cuerpo que no necesitan ser examinadas. Dijo que los médicos sólo piden radiografías si es absolutamente necesario. Los doctores me han enseñado las radiografías, donde se ve una imagen en blanco y negro, en la que se puede distinguir claramente una fractura en la parte blanca”.

*cabina especial
proteger*

“¿Quién hay en la habitación de al lado?”, preguntó Pablo. “Es un señor mayor”, dijo Andrés. “En realidad no pertenece a este pabellón, pero no había sitio en el suyo. Me ha dicho que le han estado *tratando con rayos X* todos los días”.

tratar con rayos X

“¿Con rayos X?”, dijo Ángela. “¿Por qué hacen eso?”

Un enfermero que pasaba por allí oyó casualmente lo que estaban diciendo, y se acercó a ellos. “¿Queréis saber por qué?”, dijo. “El Sr. Vázquez, así es como se llama, vino aquí hace un par de meses para una revisión médica. En una radiografía el médico descubrió que tenía un tumor en el pulmón izquierdo. Hoy en día, para destruir ese tumor o hacerlo más pequeño podemos utilizar los rayos X u otro tipo de radiaciones ionizantes. Por supuesto, hay que hacerlo con mucho cuidado, para no dañar los órganos y tejidos que están sanos”.



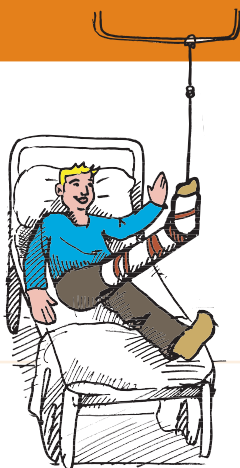
“¿Y podrá curarse?”, preguntó Ángela. “El Sr. Vázquez acaba su tratamiento esta tarde”, dijo el enfermero, “y luego podrá volver a casa”. “¡Menos mal!”, dijo Ángela.

Luego, Ángela y Pablo se levantaron para marcharse. “¡Esperad un momento!”, dijo Andrés. “Primero firmad en la escayola”. Tras hacerlo, se despidieron de Andrés y abandonaron el hospital. En el camino de vuelta, Pablo dijo: “Desde luego, al Sr. Röntgen se le ocurrió una invención muy útil, ¿verdad?, los rayos X que sirven tanto para *diagnosticar* enfermedades como para *curarlas*”. Ángela estuvo de acuerdo.

*diagnosticar
curar*

nivel III
10-12 años

⁽¹⁾ Para protegernos de los rayos X utilizamos cabinas construidas con materiales que permitan detener los rayos X (por ejemplo, plomo, hormigón, cristales plomados...).



Puntos clave

Hacer una radiografía implica usar pequeñas cantidades de radiación ionizante para visualizar el interior del cuerpo humano. Las radiografías nos pueden indicar si existe una fractura, dónde está y cómo es; también pueden servir para diagnosticar algunas enfermedades (por ejemplo, los tumores de pulmón). Además, los rayos X se utilizan para destruir las células enfermas del cuerpo humano. A veces es posible vencer algunas formas de cáncer con tratamiento de rayos X. Las exposiciones a rayos X con fines médicos deben estar justificadas y reducirse todo lo posible. Se emplea un delantal de plomo para tapar y proteger las partes del cuerpo que no han de ser examinadas ni expuestas a la radiación y el personal sanitario también se protege, saliendo de la sala cuando el aparato de rayos X está funcionando.

Preguntas y respuestas

1. ¿De qué clase de radiación ionizante trata el texto?
2. ¿Quién fue Röntgen? ¿Qué inventó?
3. Nombra dos aplicaciones de los rayos X que se utilizan actualmente en los hospitales.
4. ¿Para qué sirven las radiografías?
5. Cuando te hacen una radiografía ¿por qué te colocan un delantal de plomo?
6. ¿Por qué el enfermero se mete en la cabina cada vez que hace una radiografía?
7. ¿Cómo se pueden curar los tumores?
8. ¿Te parece útil la radiación ionizante? ¿Y peligrosa?

Completa

Los rayos X son un tipo de radiación

Los rayos X fueron descubiertos en por un científico llamado a finales del siglo

El aparato de emite rayos invisibles que pueden atravesar el cuerpo.

Cuando te hacen una radiografía te colocan un para proteger la parte del cuerpo que no va a ser radiografiada.

Los rayos X sirven para hacer radiografías y también sirven para tratar los tumores y el

Explica

¿Cómo se hacen las radiografías y para qué sirven?

unidad 4

Unidad 4

¿Podemos vivir sin radiación ionizante?

Objetivos

Al final de la unidad, el alumno/a podrá:

- Mencionar varias aplicaciones actuales de la radiación ionizante.

Tiempo mínimo propuesto

50 minutos

Sugerencias didácticas

En esta unidad se amplían los conocimientos sobre las aplicaciones de las radiaciones ionizantes de origen artificial. Se puede introducir el tema recordando que los rayos X fueron descubiertos por Röntgen y la radiactividad natural por Becquerel y se puede buscar información sobre ellos en Internet (estos conceptos han sido tratados en las unidades anteriores).

A continuación los alumnos/as leen individualmente el texto propuesto y el profesor/a pregunta qué aplicaciones de las radiaciones ionizantes les parecen más interesantes y por qué.

Después pueden realizarse una serie de actividades que se relacionan a continuación, y cuyas soluciones se adjuntan.

Preguntas y respuestas

1. ¿Para qué se utiliza la radiación ionizante en los hospitales?
Para hacer radiografías y para tratar tumores y el cáncer.
2. Para qué se utiliza la radiación ionizante en los aeropuertos?
Para el control de equipajes.
3. ¿Para qué se utiliza la radiación ionizante en los aviones?
Para saber si las piezas están bien unidas.
4. ¿Para qué se utiliza la radiación ionizante en una fábrica de refrescos?
Para saber si los botes se han llenado bien o están medio vacíos.

nivel III
10-12 años

5. ¿Crees que la radiación ionizante es útil?

Sí, por las razones anteriores.

6. ¿Debemos protegernos de la radiación ionizante? ¿Cómo?

Sí, alejándonos de la fuente que la produce, estando poco tiempo cerca de dicha fuente y poniendo barreras de protección (como por ejemplo dentales de plomo).

Verdadero o falso

1. La radiación ionizante no se puede ver, ni oír ni sentir, pero está a nuestro alrededor.

Verdadero.

2. La radiación ionizante puede ser natural o artificial.

Verdadero.

3. Para protegernos de la radiación ionizante nos ponemos crema protectora.

Falso, hay que poner barreras de protección, alejarse de la fuente e intentar estar poco tiempo en la zona donde hay radiación ionizante. La crema protectora nos protege de un tipo de radiación no ionizante: los rayos ultravioletas.

4. La radiación ionizante no sirve para nada.

Falso, tiene muchas aplicaciones: en los aeropuertos, para el control de equipajes; en los hospitales, para hacer radiografías y para curar tumores y el cáncer; en la industria aeronáutica, para saber si las piezas de los aviones están correctamente unidas; en las fábricas de refrescos, para saber el nivel de llenado de los botes; en las obras, para conocer la densidad y humedad del suelo.

5. Podemos protegernos de la radiación ionizante alejándonos de la fuente que la produce.

Verdadero.

6. Podemos protegernos de la radiación ionizante si estamos poco tiempo cerca de la fuente que produce la radiación.

Verdadero.

7. Podemos protegernos de la radiación ionizante si ponemos una barrera de protección ó blindaje.

Verdadero.

Posteriormente podrán realizar la siguiente actividad complementaria

- Dibujar al menos tres aplicaciones de la radiación ionizante, como por ejemplo una maleta en un control de equipajes.

nivel III
10-12 años

unidad 4

Unidad 4

¿Podemos vivir sin radiación ionizante?

En esta unidad, Pablo y Ángela vuelven a acompañar al tío Armando en una excursión por los alrededores de su ciudad. Van a investigar los posibles usos de la radiación ionizante. Existen varios tipos de aplicaciones.

“A veces, esto de la radiación ionizante es bastante difícil de entender”, suspiró Pablo. “Sí, pero también es muy interesante”, añadió Ángela, “especialmente porque la radiación ionizante está a nuestro alrededor. Todos estamos en contacto con ella, nos guste o no”.

Estaban merendando en el jardín. Era fin de semana y hacía muy buen tiempo.

“Una de las cosas que mencionó el profesor fueron las *fuentes artificiales de radiación ionizante*. Ahora, gracias a Andrés, sé algo de la radiación ionizante que se utiliza en hospitales, como por ejemplo los rayos X, pero no sé nada de las otras fuentes”. Sacó sus apuntes y leyó en voz alta: “Las fuentes artificiales de radiación ionizante se utilizan en medicina, industria, seguridad, etc.”.

fuentes artificiales de radiación ionizante

“Tienes suerte”, dijo el tío Armando, que estaba sentado con ellos, con su viejo sombrero de paja en la cabeza. Tengo la tarde libre y podemos hacer una excursión por los alrededores de la ciudad para ver algunas de las *aplicaciones* de “esas *fuentes radiactivas*” y otros “*usos de los rayos X*” que mencionó vuestro profesor.

aplicaciones fuentes radiactivas usos de los rayos X

Subieron al coche con el tío Armando. Enseguida tomó una autopista.

“¿A dónde vamos?”, preguntó Ángela.

“Al aeropuerto”, contestó el tío Armando.

“¿Pero si no nos vamos de viaje?” dijo Ángela.

“No, pero tengo algo que enseñaros en la zona de control de equipajes”, contestó el tío Armando.

“¿Veis ese aparato dónde los viajeros dejan sus maletas?” dijo el tío Armando. “Sí”, dijeron los niños “¿Es dónde dejan las maletas que se arrastran por una cinta, desaparecen como en una caja y luego vuelven a aparecer?”.

nivel III
10-12 años



Control de equipaje

rayos X
control de equipajes

“Sí”, dijo el tío Armando.” Es un aparato de *rayos X* para hacer el *control de los equipajes*. Así, el encargado de seguridad puede ver lo que hay dentro de las maletas sin abrirlas. Es parecido a las radiografías para ver el interior del cuerpo humano. Las maletas pasan a través de un túnel como barrera de protección para las personas, pues este túnel se construye con plomo que sirve para detener los rayos X que se producen dentro. En cambio nosotros pasamos por un arco de seguridad que no emite rayos X”.

“Esto es muy interesante”, dijo Ángela. “Ahora sabemos que los rayos X no sólo sirven para hacer radiografías de nuestro cuerpo”.

“Vamos ahora al hangar de mantenimiento de aviones. Tengo algo que enseñaros allí”, dijo el tío Armando.

fuelle radiactiva
ver
fisuras

En el hangar encontraron a dos señores que colocaban unas placas sobre las uniones del ala de un avión. Les hicieron alejarse y, aunque veían mal porque estaban lejos de la zona de operación, les pareció que de un equipo que estaba cerca del ala de avión salía una pieza metálica. El tío Armando les explicó que lo que salía del equipo era una *fuelle radiactiva* que servía para *ver* si esa unión (soldadura) en el ala del avión no tenía *fisuras*. “Estas comprobaciones son muy importantes” dijo el tío Armando. “Pero, por qué no nos dejan acercarnos más? Preguntó Ángela. “Como medida de protección contra la radiación ionizante”, dijo el tío Armando, y continuó explicando “la radiación ionizante que nos llega disminuye al aumentar la distancia a la fuente que emite la radiación”.

unidad 4

nivel III
10-12 años

unidad 4



Hangar

“Vamos al coche”, dijo el tío Armando, “ahora os voy a llevar a una fábrica de refrescos”. “¡Que bien!”, dijeron los niños a la vez, “tenemos mucha sed”.

En la fábrica, el tío Armando conocía al encargado que les acercó a una línea de producción. Allí, las botellas de refresco pasaban en fila sobre una cinta que los transportaba. A un lado de la línea había una cajita y enfrente otra. En una de las cajitas, les explicó el encargado, había una *fente radiactiva*, que emitía una radiación ionizante que les permitía *detectar* si a esa altura había líquido (refresco) o aire y así conocer si las botellas se habían *llenado* bien o estaban medio vacías, ya que en la otra cajita había un medidor. Las botellas llenas pasaban a otra zona donde, de forma automática, les ponían la tapa de cierre. “¿Podemos quedarnos más tiempo aquí?” dijo Ángela. “No”, dijo el tío Armando, “ha sido suficiente, hay que protegerse contra la radiación ionizante y cuanto más tiempo estemos en una zona donde hay radiación ionizante más radiación recibiremos”.

fente radiactiva
detectar

llenado



nivel III
10-12 años

*fuentes radiactivas
medidor de densidad
y humedad en suelos*

De nuevo en el coche, se dirigían a casa, cuando a la izquierda de la carretera vieron una zona en obras. ¿Veis aquel aparato que está sobre el terreno?”. Dijo el tío Armando. “Pues también contiene unas *fuentes radiactivas* que sirven para conocer la densidad y humedad del suelo, se llama *medidor de densidad y humedad en suelos*”.



Medidor de densidad y humedad en suelos

*central nuclear
energía eléctrica*

Más adelante, el tío Armando les preguntó: “¿Sabéis qué es eso que está a la derecha de la carretera?”. Los niños miraron y vieron varios edificios y también una chimenea gigantesca al lado del río. “No tengo ni la más mínima idea”, contestó Pablo. “En realidad, se trata de una *central nuclear* para producir *energía eléctrica*”, dijo el tío Armando. “Pero la visitaremos en otra ocasión, cuando os hayan explicado en clase que en algunos átomos se pueden producir reacciones nucleares que liberan gran cantidad de energía. Ahora tenemos que volver a casa”.



Central nuclear

nivel III
10-12 años

unidad 4

Puntos clave

Las radiaciones ionizantes se utilizan en seguridad para el control de equipajes mediante aparatos de rayos X.

También se utilizan fuentes de radiaciones ionizantes en industria, ciencia y tecnología. Por ejemplo, se emplean en aparatos que miden la densidad y humedad de los suelos, en aparatos que comprueban el nivel de llenado de líquidos y de gases, o como herramienta para comprobar soldaduras de piezas en los aviones.

Preguntas y respuestas

1. ¿Para qué se utiliza la radiación ionizante en los hospitales?
2. ¿Para qué se utiliza la radiación ionizante en los aeropuertos?
3. ¿Para qué se utiliza la radiación ionizante en los aviones?
4. ¿Para qué se utiliza la radiación ionizante en una fábrica de refrescos?
5. ¿Crees que la radiación ionizante es útil?
6. ¿Debemos protegernos de la radiación ionizante? ¿Cómo?

Verdadero o falso

1. La radiación ionizante no se puede ver, ni oír ni sentir, pero está a nuestro alrededor.
2. La radiación ionizante puede ser natural o artificial.
3. Para protegernos de la radiación ionizante nos ponemos crema protectora.
4. La radiación ionizante no sirve para nada.
5. Podemos protegernos de la radiación ionizante alejándonos de la fuente que la produce.
6. Podemos protegernos de la radiación ionizante si estamos poco tiempo cerca de la fuente que produce la radiación.
7. Podemos protegernos de la radiación ionizante si ponemos una barrera de protección ó blindaje.

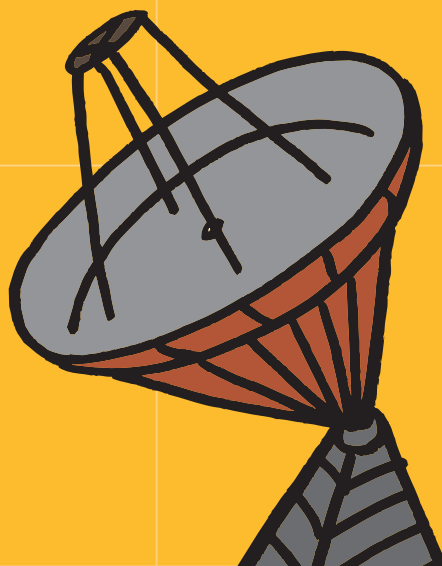
nivel III
10-12 años

Dibujar

Dibuja al menos tres aplicaciones de la radiación ionizante, como por ejemplo una maleta en un control de equipajes.



suplemento técnico



suplemento técnico

94 | **1**

Tipos de radiaciones: radiaciones no ionizantes y radiaciones ionizantes

100 | **2**

**Desintegración radiactiva.
Medida de la radiación ionizante**

103 | **3**

Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes. Protección radiológica

105 | **4**

Aplicaciones de las radiaciones ionizantes

1

Tipos de radiaciones: radiaciones no ionizantes y radiaciones ionizantes

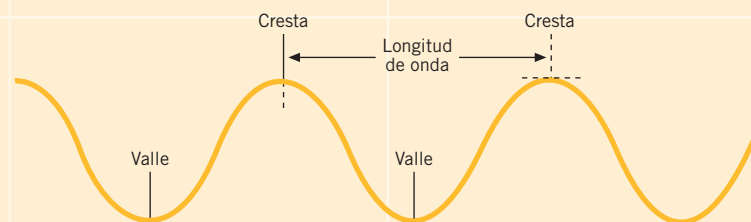
El ser humano está familiarizado con muchos tipos de radiaciones diferentes: la luz del sol, las radiaciones que permiten el funcionamiento de los aparatos de radio y televisión, los hornos de microondas, los espectáculos con rayos láser, las radiaciones que producen los equipos de rayos X, etc.

El fenómeno de la radiación consiste en la propagación de energía en forma de ondas electromagnéticas o partículas subatómicas a través del vacío o de un medio material.

La propagación de energía en forma de ondas electromagnéticas se denomina radiación electromagnética. En este tipo de radiación no hay desplazamiento de masa, y la energía se transporta en “paquetes” llamados fotones, que viajan a la velocidad de la luz. Además de la luz del sol, son radiaciones electromagnéticas las señales de radar, las ondas de radio o televisión, las microondas, los rayos X, la radiación gamma de origen nuclear o los rayos cósmicos. A diferencia de las ondas mecánicas, como el sonido –que necesita un medio material para propagarse–, las ondas electromagnéticas no lo necesitan, pueden propagarse a través del vacío también.

Las radiaciones electromagnéticas son fenómenos ondulatorios que obedecen todos a las mismas leyes físicas y pueden describirse en función de los mismos parámetros: su longitud de onda, su frecuencia y su energía. Cuanto menor es la longitud de onda, mayor es la frecuencia y la energía que transporta.

Para hacerse una idea “visual” de estas ondas puede pensarse en las olas del mar: la longitud de onda sería la distancia entre las crestas de dos olas sucesivas y la frecuencia el número de olas que llegan a la playa cada segundo. Cuando las olas son anchas (mayor longitud de onda) llegan poco a poco a la playa (tienen menos frecuencia y energía).



Onda transversal

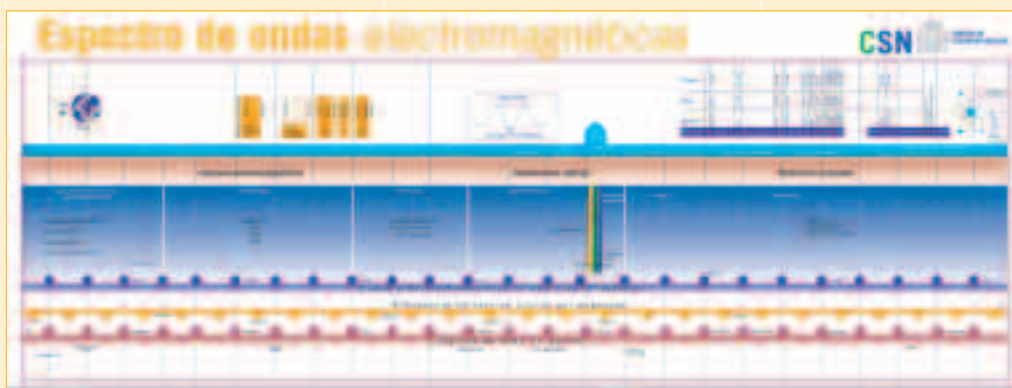
Cuando la longitud de onda es grande (por ejemplo del orden del diámetro de la tierra), tiene poca frecuencia y lleva poca energía, pero conforme va disminuyendo la longitud de onda, aumenta la frecuencia y también la energía.

La longitud de onda se mide en unidades de longitud (km, m, mm...) y es la distancia que hay entre dos crestas.

La frecuencia es el número de vibraciones por unidad de tiempo y su unidad es por tanto el ciclo por segundo denominado hercio (Hz).

La energía se mide en electronvoltios, eV, (en el sistema internacional en julios, donde $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19}$ julios).

Ordenando las radiaciones desde las de menor a las de mayor energía se obtiene lo que se denomina el **espectro electromagnético**. Este espectro se divide en dos partes: radiaciones no ionizantes y radiaciones ionizantes.



Espectro de ondas electromagnéticas

Se denominan **radiaciones no ionizantes** a las radiaciones electromagnéticas menos energéticas, que no tienen la suficiente energía como para arrancar electrones de los átomos, como por ejemplo: los campos de menor frecuencia que la radiofrecuencia, la radiofrecuencia, las microondas, la radiación infrarroja, la luz visible y la radiación ultravioleta.

A continuación destacaremos la procedencia y ciertas propiedades de las radiaciones no ionizantes:

- **Los campos electromagnéticos** comprenden tres grupos de ondas, las de frecuencia menor que las ondas de radio, la radiofrecuencia y las ondas microondas.

Dentro del grupo de **las de frecuencia menor que las ondas de radio** están las producidas por las redes de alta tensión, los electrodomésticos, la resonancia magnética nuclear o las placas de cocina de inducción.

Para este tipo de radiaciones los posibles efectos sobre el cuerpo humano podrían ser quemaduras y descargas eléctricas, pero los equipos que

dan lugar a este tipo de ondas se diseñan para ser intrínsecamente seguros.

En la zona de **la radiofrecuencia**, se sitúan las ondas por las que se transmiten las señales de radio, televisión y de los aparatos domésticos. Las antenas de TV, teléfono y radar, también producen ondas de este tipo. Para estas radiaciones los efectos sobre el cuerpo humano se deben a tres posibles factores: resonancia, calentamiento y quemaduras o descargas eléctricas.

Las microondas, con longitud de onda menor que las de la radiofrecuencia, son un tipo de ondas capaces de reaccionar con los tejidos generando calor en capas profundas. Esta propiedad se utiliza en el horno de microondas y, a baja intensidad, para estimular el crecimiento del hueso tras una fractura.

- **Las radiaciones ópticas**, son de longitud de onda menor que las microondas. La parte central de esta zona del espectro es la correspondiente a la luz visible para el ojo humano, o lo que es lo mismo, a los colores que se aprecian en un arco iris. En este grupo tenemos, además, la radiación infrarroja y la radiación ultravioleta.

Los efectos principales de esta radiación sobre el cuerpo humano son: produce calor y son causa de efectos fotoquímicos. Uno de los efectos fotoquímicos conocidos es la producción de vitamina D por el cuerpo humano tras su exposición a la luz del sol, a partir de una sustancia precursora que se encuentra en la piel.

En el grupo de las radiaciones ópticas tenemos **la radiación infrarroja**. Es del orden de la mitad de la radiación solar que llega a la Tierra porque la atmósfera reduce su intensidad. Aunque es invisible, podemos sentirla por el calor que transmite a la piel. La sensación de calor que produce un fuego también nos llega transportada por la *radiación infrarroja*. La sobreexposición a este tipo de radiación produce las quemaduras que todos hemos experimentado al acercarnos demasiado a un fuego. A corto plazo la radiación infrarroja produce quemaduras y, a largo plazo, puede producir cataratas en los ojos, inducidas por efectos térmicos. Para protegerse hay que alejarse de la fuente de radiación y ponerse gafas adecuadas de protección.

Otro tipo de radiación dentro del grupo de las radiaciones ópticas es **la luz visible**. Aproximadamente el 45% de la radiación solar que llega a la atmósfera terrestre es luz visible. La radiación visible, que es la que puede captar el ojo humano, va desde el rojo (la de mayor longitud de onda) hasta el azul (la radiación de menor longitud de onda). La luz visible, especialmente la azul, puede deslumbrar cuando una lente la concentra en el ojo o en la retina. A corto plazo, la luz muy brillante puede dañar la córnea del ojo y, a largo plazo, los niveles de iluminación demasiado elevados pueden dañar la retina. Ante determinados

estímulos luminosos, el ojo se protege de forma refleja mediante parpadeos.

Los equipos láser son dispositivos diseñados por el ser humano para amplificar el haz de luz emitido, y que este haz de luz sea de unas características determinadas. Los equipos láser pueden emitir radiaciones en todo el espectro de las radiaciones ópticas, desde la zona infrarroja a la ultravioleta. El órgano del cuerpo más sensible a la radiación láser es el ojo, aunque también la piel puede verse afectada en algún caso. Con algunos láseres de potencia extremadamente alta, pueden causarse despigmentación de la piel y daños a los órganos más superficiales. Para proteger el ojo de los rayos láser siempre hay que utilizar gafas especiales.

La **radiación ultravioleta** supone del orden del 5% de la radiación solar que entra en la atmósfera de la Tierra. Es invisible, pero para los seres humanos es esencial recibir alguna cantidad de este tipo de radiación para poder sintetizar vitamina D mediante una reacción *fotobiológica*. La sobreexposición a la radiación ultravioleta produce, a corto plazo, el enrojecimiento de la piel y daños en los ojos (ceguera de la nieve), y a largo plazo, los efectos incluyen el envejecimiento prematuro, cáncer de piel y, en el caso de los ojos, amarilleamiento y desarrollo prematuro de cataratas, de forma que es muy importante la protección. Afortunadamente, el ozono existente en las capas altas de la atmósfera reduce mucho la intensidad de la radiación ultravioleta, pero la protección depende de la latitud, la hora del día, el momento del año, la altitud, las nubes y la contaminación del aire. Para protegerse se usan cremas, gafas y protección en la cabeza.

Algunas lámparas fluorescentes emiten radiación ultravioleta, de modo que es posible recibir cantidades peligrosas por exposición excesiva en una camilla de ultravioletas para bronceado o por la proximidad de arcos voltaicos de soldadura.

Se llaman **radiaciones ionizantes** a las radiaciones más energéticas, que tienen la suficiente energía como para arrancar electrones de los átomos, convirtiendo a estos últimos en iones.

Entre las radiaciones ionizantes están los rayos X, los rayos gamma –las dos radiaciones electromagnéticas– y las radiaciones corpusculares, que transportan haces de partículas (alfa, beta y neutrones). Estas radiaciones ionizantes no son perceptibles por los sentidos.

A continuación destacaremos la procedencia y ciertas propiedades de este tipo de radiaciones:

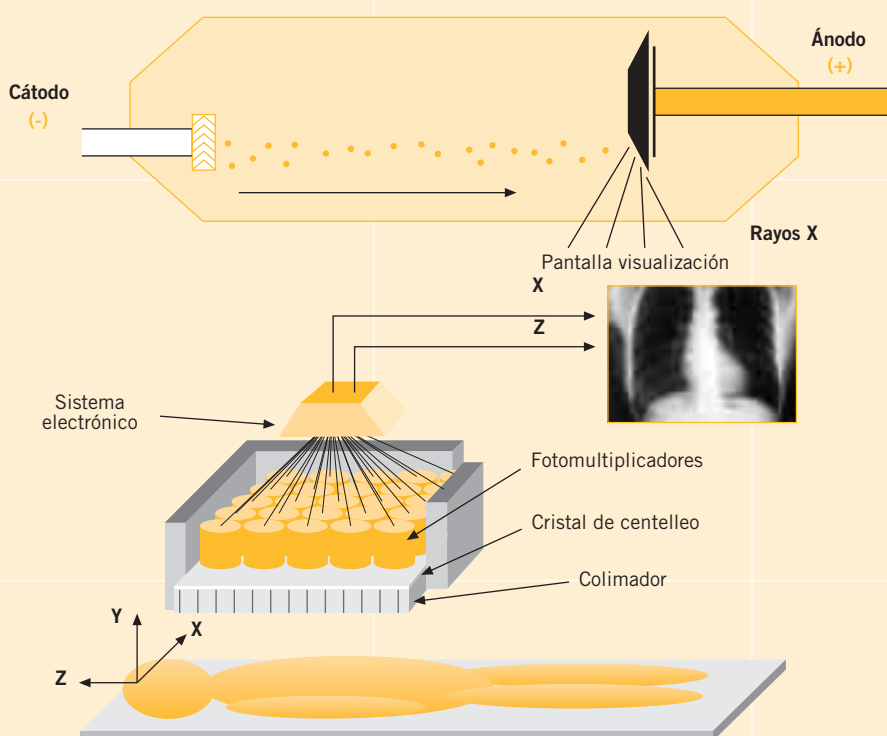
- Los **rayos X** son radiaciones electromagnéticas con una energía tal que les permite atravesar los tejidos del cuerpo humano y otros materiales. Cuanto mayor es su energía mayor es su poder de penetración, lo que les permite atravesar espesores considerables de materia y proporcionar



imágenes muy claras de las estructuras internas de la misma, como las que aparecen en las radiografías de un hueso o del interior de un equipaje, etc.

La naturaleza de los rayos X es idéntica a la de los rayos gamma, pero los rayos X tienen su origen en la corteza de los átomos (la capa de electrones que rodea los núcleos), mientras que los rayos gamma se originan en los propios núcleos.

Los rayos X se originan por el choque de electrones con un determinado material, en el interior de un tubo de vacío. Por tanto se trata de un dispositivo fabricado por el ser humano.



- **Radiación gamma** es una radiación electromagnética, en general, de energía superior a la de los rayos X. Esta radiación se genera espontáneamente en los núcleos inestables o radiactivos para intentar alcanzar la estabilidad. Por tanto, es una transferencia de energía (en forma de radiación gamma), para pasar de un estado excitado a un estado estable.
- **Radiación cósmica** es aquella que recibe la Tierra de forma continua procedente del sol y de los espacios interestelares.

Está formada por varios tipos de componentes: radiación electromagnética y partículas elementales con gran cantidad de energía.

Al chocar los rayos cósmicos con la atmósfera de la Tierra, produce reacciones nucleares en la zona más externa de la capa protectora del planeta, formándose átomos radiactivos tales como el tritio o el carbono-14 y “cascadas” de partículas y radiaciones. Por tanto, la atmósfera actúa como filtro protector evitando que lleguen a la superficie de la Tierra partículas de muy alta energía, pero, a la vez, es la causa de que se produzcan radiaciones de menor energía y cierta cantidad de radiactividad. Tenemos que tener en cuenta dos factores que contribuyen a la exposición de radiación cósmica, como son la altitud y en menor medida la latitud. A mayor altura, la capa de la atmósfera sobre nosotros es menor que a nivel del mar. Así, hay una mayor contribución de radiación cósmica en la cima de una montaña o viajando en avión que al nivel del mar. También afecta la latitud por el propio campo magnético de la Tierra, aunque en menor medida –en los polos es menor que en el ecuador–.

Por tanto, el ser humano vive en contacto con la radiación denominada ionizante. Básicamente puede recibir radiación cósmica, que hemos mencionado en el punto anterior, y radiación terrestre. Esta última proviene de los elementos radiactivos de origen natural que se encuentran en la corteza de la tierra. Estos elementos radiactivos son ubicuos en el medio natural y están también presentes en los suelos, el agua o la vegetación. El propio cuerpo humano contiene isótopos radiactivos (principalmente ^{40}K y ^{14}C) que dan lugar a exposiciones internas. La inhalación de radón y la ingestión de isótopos naturales presentes en el agua y en los alimentos son también fuente de exposiciones internas.

Este conjunto de **radiaciones ionizantes naturales** integra la llamada radiación de fondo, que depende de muchos factores, como son el lugar donde se vive, la composición del suelo, los materiales de construcción, la estación del año, la altitud, la latitud y, en cierta medida, las condiciones meteorológicas.

Además de este tipo de radiación nos encontramos con la **radiación ionizante artificial**, que es producida por ciertos aparatos o métodos desarrollados por el ser humano, como por ejemplo los aparatos de rayos X, los aceleradores de partículas o las centrales nucleares.

2

Desintegración radiactiva.

Medida de la radiación ionizante

La estructura de la materia se compone de moléculas, formadas por átomos. A su vez, los átomos se componen de un núcleo y de electrones que giran a su alrededor. En el núcleo atómico se encuentran los protones y los neutrones. Los protones tienen carga eléctrica positiva, los electrones negativa, y los neutrones, se llaman así precisamente por no tener carga.

En condiciones normales de equilibrio las partículas del átomo permanecen fuertemente unidas, pero un exceso o un defecto de neutrones puede romper ese equilibrio. Entonces, el átomo se convierte en un elemento inestable, con tendencia a transformarse en otros elementos, mediante lo que denominamos **desintegración radiactiva**. Este proceso conlleva una gran liberación de energía, en forma de partículas y/o radiaciones electromagnéticas.

El número de desintegraciones que tienen lugar cada segundo en una cantidad dada de material radiactivo se denomina **actividad**. La unidad de medida de esta magnitud en el sistema internacional se denomina **becquerelio (Bq)**, en honor al descubridor de la radiactividad, Henry Becquerel.

Medida de la radiación ionizante

Puesto que las radiaciones ionizantes no son perceptibles por los sentidos del ser humano, es necesario recurrir a ciertos dispositivos capaces de detectarlas y poder, así, establecer las medidas de protección necesarias para evitar la aparición de efectos indeseables sobre el ser humano o el medio ambiente.

Existen diversos tipos de instrumentos que pueden captar y medir la cantidad de radiación ionizante que absorbe la materia. Teniendo en cuenta su funcionalidad, los instrumentos de medida se pueden clasificar como detectores de radiación o dosímetros.

Detectores

Nos permiten conocer y definir muchas características de las radiaciones, como son su actividad y su energía, y nos orientan sobre los posibles efectos que pueden producir en el organismo.

Los principales tipos de detectores de radiación son los de ionización gaseosa, los centelleadores y los de semiconductor.



Dosímetros

Están diseñados para medir dosis de radiación acumulada durante un periodo de tiempo determinado. Los dosímetros más habituales son los de cámara de ionización, los de película fotográfica y los de termoluminiscencia.



Para predecir de forma aproximada los posibles efectos que pueden producir las radiaciones en el organismo, se utiliza el concepto de **“dosis”**. Para calcular las dosis debidas a una radiación, tenemos que tener en cuenta el tipo de radiación de que se trata, así como el tejido u órgano del cuerpo humano sobre el que afecta. Ambos conceptos están representados, respectivamente por la “dosis absorbida” y por la “dosis equivalente”.

Dosis absorbida

Puede definirse como la energía media cedida por la radiación ionizante a la materia por unidad de masa. Su unidad de medida en el sistema internacional es el Gray (Gy).

Dosis equivalente

Puede definirse como la dosis absorbida en un determinado órgano o tejido, ponderada en función del tipo y la calidad de la radiación incidente. Su unidad de medida en el sistema internacional es el Sievert (Sv).

3

Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes. Protección radiológica

Las radiaciones ionizantes, en función de su energía, pueden producir en la materia que atraviesan un gran número de transformaciones químicas y físicas. Una de las reacciones más importantes es la radiólisis o rotura de los enlaces químicos de las moléculas, con la posibilidad de que se formen otras moléculas distintas de las originales. Uno de los elementos más abundantes en el medio vivo es el agua y la ionización de ésta puede dar lugar a la aparición de radicales libres que son altamente reactivos. Estos radicales libres pueden, por ejemplo, combinarse entre sí para formar agua oxigenada, compuesto químico altamente oxidante que puede atacar y romper los enlaces químicos en moléculas complejas, como las que forman los cromosomas, dando lugar a la aparición de efectos biológicos.

Los efectos biológicos

Pueden clasificarse como:

- **Estocásticos.** Son aquellos efectos que son más probables cuanto mayor es la cantidad de radiación recibida, pero cuya gravedad no depende de esa cantidad de radiación. Suelen ser efectos retardados, que pueden aparecer entre 5 y 30 años después de haber sufrido la exposición, como el cáncer.
Por ejemplo: cuántos más billetes de lotería compro mayor es la probabilidad de que me toque un premio, pero el premio que me toque puede ser el “gordo” o un quinto premio.
- **Deterministas.** Son aquellos efectos que no ocurren a no ser que la cantidad de radiación recibida supere un determinado nivel y cuya gravedad depende de la cantidad de radiación recibida. Suelen ser efectos inmediatos, como náuseas, vómitos, quemaduras en la piel...

Como medidas de protección generales contra los rayos X y gamma están:

- *La distancia:* alejarse todo lo posible de la fuente de radiación.
- *El tiempo de exposición:* permanecer el menor tiempo posible en las inmediaciones.
- *Uso de barreras de protección o blindajes:* utilizar un material denso, por ejemplo plomo, como barrera para detener las radiaciones electromagnéticas más energéticas.

La protección radiológica

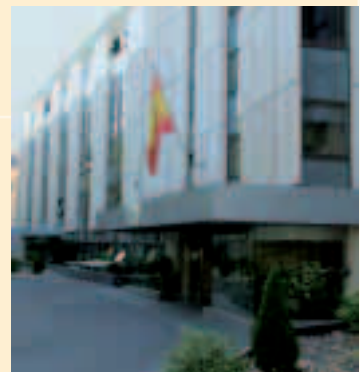
Es una actividad multidisciplinar de carácter científico y técnico que tiene como objetivo la protección de las personas y del medio ambiente contra los efectos perjudiciales que pueden resultar de la exposición a las radiaciones ionizantes. El objetivo de la protección radiológica es evitar los efectos deterministas y minimizar los efectos estocásticos.

Los organismos internacionales implicados en el desarrollo de normas relacionadas con la protección radiológica son:

- La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) –fundada en 1928 por la Sociedad Internacional de Radiología– es la autoridad científica independiente que, desde 1950, tiene asignada la misión de establecer las bases científicas y la doctrina y principios en que se sustenta la protección radiológica.
- El Comité Científico de Naciones Unidas sobre los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR), creado en 1955 en el seno de la ONU con el fin de reunir la mayor cantidad de datos sobre los niveles de exposición procedentes de las diversas fuentes de radiaciones ionizantes y sus consecuencias biológicas, sanitarias y medioambientales.
- El Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA), creado en 1957, que forma parte de la ONU y que sobre la base de las recomendaciones elaboradas por la ICRP, desarrolla normas internacionales de protección radiológica, que sirven de base a las normas nacionales de sus Estados Miembros.
- La Unión Europea (UE) que, también sobre la base de las recomendaciones elaboradas por la ICRP, desarrolla sus propias normas, que son de obligado cumplimiento para sus Estados Miembros, a través del tratado constitutivo EURATOM firmado en 1957.

La legislación española vigente recoge, en su Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes, los principios recomendados por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR-ICRP).

En España, el único organismo con competencias en materia de seguridad nuclear y protección radiológica es el Consejo de Seguridad Nuclear, y en lo referente exclusivamente a la protección radiológica, tiene como misión principal la protección de los trabajadores, la población y el medio ambiente de los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes.



4

Aplicaciones de las radiaciones ionizantes

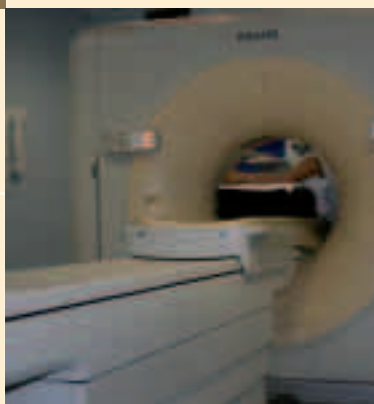
La interacción (o choque) de las radiaciones ionizantes con la materia provoca en ésta ciertos cambios que pueden ser aprovechados para desarrollar aplicaciones beneficiosas para el ser humano.

Aplicaciones en medicina

Tenemos aplicaciones en medicina, tanto en *diagnóstico médico* mediante rayos X utilizados para examinar órganos internos o mediante fármacos radiactivos que se inyectan en el cuerpo –como ocurre en las exploraciones de medicina nuclear–, como en *terapia*, donde se utiliza esa radiación con fines curativos o paliativos –equipos de rayos X, aceleradores, fármacos radiactivos, etc.–



Aplicaciones de las radiaciones en medicina



TAC

Aplicaciones en el campo industrial y de investigación

Además de la obtención de energía a través del proceso de fisión nuclear en un reactor nuclear, hay otras muchas y muy variadas aplicaciones. La industria aprovecha la capacidad que las radiaciones ionizantes tienen para atravesar los objetos y materiales y el hecho de que cantidades insignificantes de radionucleidos puedan medirse rápidamente y de forma precisa proporcionando información exacta de su distribución espacial y temporal.

Algunas de las aplicaciones más significativas de las radiaciones ionizantes en la industria e investigación son:

- Equipos de control de proceso, para controlar distintos parámetros en el proceso de fabricación, por ejemplo, midiendo el espesor y densidades en fábricas de papel o de plástico, en acerías, o midiendo el nivel de llenado en el proceso de embotellado o en depósitos que contengan líquidos, especialmente cuando éstos sean corrosivos o se encuentren a muy alta temperatura, y en todos aquellos casos en los que sea imposible aplicar dispositivos de contacto.



Equipo de control de proceso de medida de nivel de llenado

- Medida del grado de humedad. Es muy útil para medir la humedad en materiales a granel (arena, cemento, etc.) que se utilizarán, por ejemplo en la producción de vidrio y hormigón y así controlar la calidad final del producto. También hay equipos que se utilizan para controlar el grado de humedad en el terreno o en los materiales de construcción.



Equipo de medida de densidad y humedad de suelos

- Gammagrafía o radiografía industrial. Usada, por ejemplo, para verificar las uniones de soldadura en tuberías.



Equipo de gammagrafía industrial

- Control de seguridad y vigilancia. Todos los detectores de seguridad de aeropuertos, correos, edificios oficiales, etc. utilizan los rayos X para radiografiar bultos y ver su contenido.
- Detectores de humo, instalados dentro de las redes de vigilancia contra incendios.
- Esterilización de materiales. Partiendo de la acción bactericida de la radiación y utilizando fuentes encapsuladas (en las que el radionucleido está protegido de forma segura para que no se escape al exterior) de alta actividad, como por ejemplo de Co-60 y aceleradores de partículas. Muy utilizado en la industria farmacéutica y alimentaria.
- Modificación de las características de materiales. Se utiliza por ejemplo en el proceso de vulcanización del caucho, en la producción de cristales coloreados, o en el tratamiento de ciertos plásticos para hacerlos más duraderos, fuertes y resistentes al fuego.
- Eliminación de la electricidad estática. Aprovechando la ionización que provocan las radiaciones en los medios que atraviesan. Muy útil en la industria textil, de plásticos, papel, vidrio, etc.



Detectores de humos

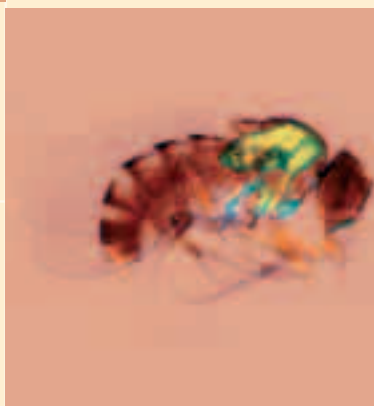


Esterilización de material quirúrgico

- Datación. Mediante el análisis del carbono-14 radiactivo podemos determinar con precisión la edad de diversos materiales orgánicos. Esto es muy útil para la investigación histórica, el estudio del clima o la restauración pictórica y escultórica.
- Detección de fugas. Introduciendo radionucleidos en las canalizaciones.
- Lucha contra plagas de insectos. Se liberan en las áreas afectadas por la plaga, grandes cantidades de machos criados en laboratorios y esterilizados con radiaciones ionizantes.
- Técnicas analíticas. Para determinar la composición o estructura, en caso de materiales cristalinos, de la materia a analizar. Se utilizan, por ejemplo, en la industria para determinar la composición de la materia prima, analizando las impurezas que contiene, o en investigación para ver la estructura cristalina de distintos compuestos o para identificar componentes en muestras.

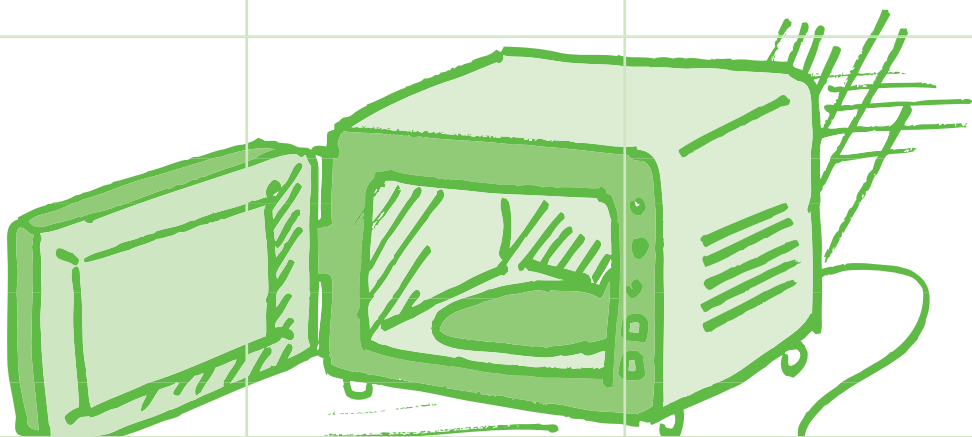


Datación por carbono 14



Técnica del insecto estéril

glosario



Antena. Dispositivo que, con formas muy diversas, sirve para emitir o recibir ondas electromagnéticas.

Átomo. Cada uno de los corpúsculos eléctricamente neutros de los que está constituido un elemento químico. Consta de un núcleo, formado esencialmente por neutrones y protones y de una corteza de electrones.

Becquerelio. Unidad de actividad radiactiva, de símbolo Bq. Un becquerelio equivale a una desintegración nuclear por segundo.

Calor. Forma de energía asociada al movimiento de los átomos, moléculas y otras partículas que forman la materia. El calor puede ser generado por reacciones químicas (como en la combustión), nucleares (como las que tienen lugar en el interior del sol), disipación electromagnética (como en los hornos de microondas) o por disipación mecánica (fricción).

Cromosoma. Filamento condensado de ácido desoxirribonucleico (ADN) que contiene los genes.

Detector. Dispositivo destinado a detectar la radiación.

Dosímetro. Dispositivo de pequeñas dimensiones que permite calcular la dosis de radiación que recibe la persona que lo lleva.

Dosis absorbida. Energía cedida por la radiación ionizante a la unidad de masa del material irradiado. Su unidad de medida es el Gray (Gy).

Dosis equivalente. Dosis absorbida en un tejido u órgano corregida por el distinto daño función del tipo y la calidad de la radiación (factores de ponderación de la radiación). Su unidad de medida es el Sievert (Sv).

Dosis efectiva (“dosis”). Dosis equivalente corregida por la diferente sensibilidad al daño de los diferentes órganos y tejidos (factores de ponderación de los tejidos). Su unidad de medida es el Sievert (Sv).

Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes. Transformaciones producidas por la radiación ionizante cuando incide en un organismo vivo como, por ejemplo, el cuerpo humano. Estos efectos son de dos clases: deterministas o estocásticos.

Efectos deterministas. Son aquellos efectos biológicos en los que hay una relación causal entre la dosis y el efecto. Únicamente se manifiestan cuando la dosis alcanza o supera un determinado valor (llamado nivel umbral). Su gravedad depende, por tanto, de la dosis recibida. Reciben

también el nombre de reacciones tisulares y algunos ejemplos son el enrojecimiento de la piel, la caída del cabello, etc.

Efectos estocásticos. Son aquellos efectos biológicos en los que la relación entre dosis y efecto es de naturaleza probabilística. Carecen de dosis umbral y su gravedad no depende, linealmente, de la dosis recibida. Están representados por la generación de tumores y la producción de alteraciones hereditarias.

Electrón. Partícula elemental estable, que forma parte de los átomos y que posee carga eléctrica negativa.

Electrón-voltio. Energía adquirida por un electrón acelerado por un potencial de 1 voltio.

Energía. Magnitud física conservativa que expresa la capacidad de un sistema para producir trabajo y calor. Su unidad de medida es el Julio ($1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ Julio}$).

Según la forma o el sistema físico en que se manifiesta, se consideran diferentes tipos de energía: electromagnética, térmica, eléctrica, luminosa, mecánica, química, nuclear, etc.

Espectro electromagnético. Representación de los distintos tipos de ondas electromagnéticas donde se muestra su localización respecto a su longitud de onda o frecuencia.

EURATOM. Comunidad Europea de la Energía Atómica.

Fotón. Cuanto elemental de energía electromagnética.

Gray. Unidad de dosis de radiación absorbida, de símbolo Gy.

Hertzio. Unidad de frecuencia. Hz, equivalente a un ciclo por segundo.

ICRP. Comisión Internacional de Protección Radiológica

Ión. Átomo o grupo de átomos, que por pérdida o ganancia de uno o más electrones ha adquirido una carga eléctrica neta.

Ionización. Acción y efecto de producir iones

Longitud de onda. Distancia existente entre dos crestas o valles consecutivos. Su unidad de medida es el metro.

Luz. Rango de radiaciones electromagnéticas detectadas por el ojo humano, aproximadamente correspondiente al rango de longitudes de onda de 4×10^{-7} y $1 \times 10^{-7} \text{ m}$.

Micrófono. Aparato que transforma las ondas sonoras en corrientes eléctricas para su amplificación

Neutrón. Partícula de carga eléctrica nula constituyente de los núcleos atómicos. Fuera del núcleo es inestable. Con una vida media de 1010 ± 30 s.

OIEA. Organismo Internacional de la Energía Atómica.

Onda electromagnética. Onda producida por la aceleración de una carga eléctrica. Puede propagarse a través de medios materiales e incluso en el vacío.

Onda mecánica. Onda que necesita de un medio material para propagarse.

Onda. Fenómeno físico a través del cual una perturbación se propaga desde el foco hacia otras regiones del espacio

Ondas de radio. Ondas electromagnéticas (de radiofrecuencia) cuya longitud de onda oscila entre varios kilómetros y pocos milímetros. Son ondas poco energéticas y se utilizan en las comunicaciones por radio

Partícula β . Emisión de electrones o positrones (antipartícula del electrón) de alta energía, procedentes de la desintegración radiactiva de núcleos atómicos.

Partícula α . Partícula de carga positiva, formada por dos protones y dos neutrones. Idéntica al núcleo del átomo de helio.

Plomo. Elemento químico de número atómico 82 y símbolo Pb. Es un excelente material de blindaje contra los rayos X y gamma, mientras que es casi transparente para los neutrones.

Protección radiológica. Conjunto de normas y prácticas que se utilizan para prevenir los riesgos de la radiación y, en su caso, paliar y solucionar sus efectos.

Protón. Partícula estable que forma parte del núcleo atómico y cuya carga eléctrica es positiva e igual a la del electrón y cuya masa es de $1,67 \text{ e}^{-27} \text{ g}$.

Radiación cósmica. Radiación formada por partículas de origen extraterrestre dotadas de gran energía y por las partículas creadas por ellas al interactuar con la atmósfera.

Radiación electromagnética. Radiación caracterizada por la variación de los campos eléctrico y magnético, en forma de ondas.

Radiación ionizante: nombre genérico empleado para designar las radiaciones de naturaleza corpuscular o electromagnética que en su interacción con la materia producen iones, bien directa o indirectamente.

Radiación solar. Energía que se propaga en el espacio procedente del sol.

Radiación. Fenómeno que consiste en la propagación de energía en forma de ondas electromagnéticas o partículas subatómicas a través del vacío o de un medio material.

Radiactividad artificial. Radiactividad de los productos de una reacción nuclear que se ha provocado mediante la intervención humana.

Radiactividad natural. Radiactividad propia de los cuerpos tal como aparecen en la naturaleza.

Radiactividad. Propiedad que presentan algunos nucleidos al desintegrarse espontáneamente.

Radiografía. Procedimiento para obtener imágenes de la estructura interna de un objeto cuando lo atraviesa un haz de rayos X. Por extensión se aplica también a imágenes obtenidas mediante otros tipos de radiación ionizante.

Rayos γ . Radiación electromagnética emitida durante una desexcitación nuclear o un proceso de aniquilación de partículas. Su longitud de onda es inferior a 1 nanómetro (10^{-9} m) y en general, es menor que la de los rayos X, por lo que se trata de una radiación muy penetrante.

Rayos infrarrojos. Radiación electromagnética con una frecuencia más baja que la microondas y más alta que la óptica. Su longitud de onda es de 10^{-3} a 10^{-6} m. La radiación infrarroja puede detectarse como calor.

Rayos ultravioletas. Radiación electromagnética cuya frecuencia es mayor que la de la luz visible pero menor que la de los rayos X. Su longitud de onda se encuentra aproximadamente entre los 4×10^{-7} y $1,5 \times 10^{-8}$ m. La fuente más habitual de rayos ultravioletas es el sol, pero la capa de ozono en la estratosfera filtra la mayor parte de éstos, protegiéndonos de las quemaduras y de otros efectos adversos para la salud que puede producir esta radiación.

Rayos X. Radiación electromagnética producida en las transiciones de electrones de los niveles más profundos de los átomos. Su longitud de onda está comprendida, aproximadamente, entre 10^{-7} y 10^{-9} . Es por tanto menor que la de los rayos ultravioleta y mayor que la de los rayos gamma.

Röntgen. Unidad de medida de la ionización producida por una radiación, de símbolo R. Un röntgen produce en 1 kg de aire una ionización tal que se forman $2,58 \cdot 10^{-4}$ culombios/kg.

Sievert. Unidad de dosis equivalente y de dosis efectiva, de símbolo Sv.

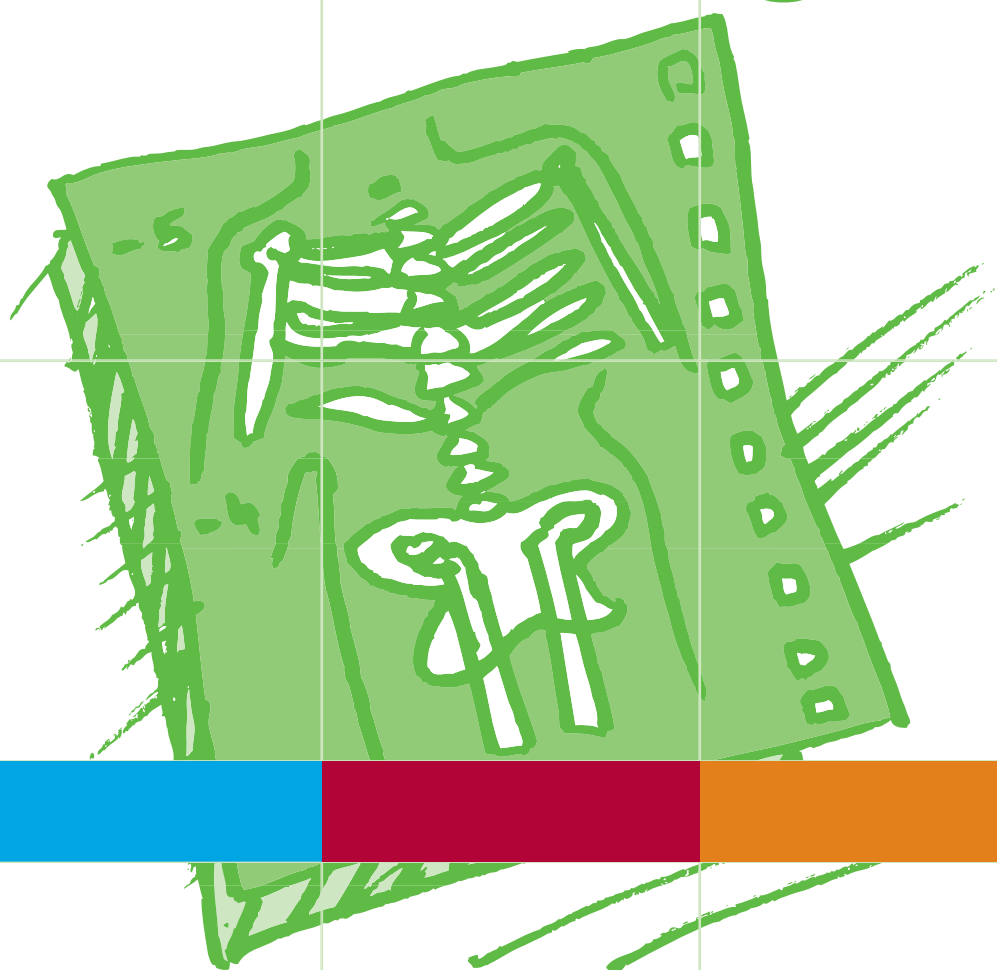
Sonido. Vibración mecánica transmitida por un medio elástico y que es percibida por nuestro oído.

Torio. Elemento químico de número atómico 90 y símbolo Th. Pertenecer a la serie de los actínidos. Todos sus isótopos son radiactivos; sin embargo varios de ellos existen en la naturaleza. Destaca el ^{232}Th , padre de la serie radiactiva del torio.

UNSCEAR. Comité Científico de Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas.

Uranio. Elemento químico de número atómico 92 y símbolo U. Pertenecer a la serie de los actínidos. Todos sus isótopos son radiactivos. Es un material fisionable y el combustible por excelencia de los reactores nucleares de fisión, gracias a su isótopo natural ^{235}U .

bibliografía



- Alonso, Agustín. *Léxico de Términos Nucleares*. Publicaciones Científicas de la Junta de Energía Nuclear, 1973.
- *El CSN ante las emergencias nucleares: guía pedagógica*. CSN, MEC, 2005 (CD).
- *El CSN y la protección radiológica: guía pedagógica*. CSN, MEC, 2006 (CD).
- *El CSN y la vigilancia radiológica del medio ambiente: guía para el profesorado*. CSN, MEC, 2007.
- *El CSN y las radiaciones: guía pedagógica*. CSN, MEC, 2004 (CD).
- *Espectro de ondas electromagnéticas*. CSN, 2007 (póster).
- ICRP. *Recomendaciones del Comité Internacional de Protección Radiológica*. Publicaciones 60 y 103.
- *Información para médicos prescriptores de pruebas de radiodiagnóstico y medicina nuclear en el paciente pediátrico*. CSN, 2006 (tríptico).
- *La protección de las trabajadoras gestantes expuestas a radiaciones ionizantes en el ámbito sanitario*. CSN, 2005 (32 págs.).
- *La protección radiológica en el medio sanitario*. CSN, 2004 (54 págs.).
- *La protección radiológica en la industria, la agricultura, la docencia o la investigación*. CSN, 2004 (56 págs.).
- *Las radiaciones en la vida diaria*. CSN, 2006 (20 págs.).
- Martín Municio, Ángel y Colino Martínez, Antonio. *Diccionario Español de la Energía*. Enresa, 2003 (816 págs.).
- *Protección Radiológica*. CSN, 2008 (16 págs.).
- *Radiación y protección radiológica. Curso para escuelas de enseñanza primaria y Secundaria*. Comisión Europea, 1993 (distribuido en CD por el Consejo de Seguridad Nuclear).
- *Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas*. Real Decreto 35/2008, de 18 de enero, que modifica al Real Decreto 1836/1999, de 3 de diciembre. BOE de 18 de febrero de 2008.
- *Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes*. Real Decreto 783/2001, de 6 de julio. BOE de 26 de julio de 2001.

Páginas web

- Asociación Internacional de Protección Radiológica (IRPA): www.irpa.net
- Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (Ciemat): www.ciemat.es
- Comisión Internacional de Energía Atómica (ICRP): www.icrp.org
- Comisión Internacional de Unidades Radiológicas (ICRU): www.icru.org
- Consejo de Seguridad Nuclear (CSN): www.csn.es
- Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (Enresa): www.enresa.es
- Foro Nuclear: www.foronuclear.org
- Ministerio de Educación, Política Social y Deporte: www.mepsyd.es
- Organismo Internacional de Energía Atómica (IAEA): www.iaea.org
- Sociedad Española de Física Médica (SEFM): www.sefm.es
- Sociedad Española de Medicina Nuclear (SEMN): www.semn.es
- Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR): www.sepr.es
- Sociedad Nuclear Española (SNE): www.sne.es

**Esta guía didáctica ha sido actualizada
y revisada por el siguiente grupo de trabajo**

Actualización técnica de contenidos

- Belén Tamayo Tamayo (coordinadora), CSN.
- Ignacio Calavia Giménez, CSN.
- Marta García-Talavera San Miguel, CSN.
- José Luis Martín Matarranz, CSN.
- M^a Dolores Rueda Guerrero, CSN.
- M^a Luisa Tormo de las Heras, CSN.

Revisión pedagógica de contenidos

- Rosa Desirée García Ferreira, profesora de Enseñanza Secundaria.
- Pilar Gómez Sotero, CSN.

Coordinación editorial

- Teresa Ventosa de la Cruz, CSN.

Coordinación administrativa

- Ana Cestero Colado, CSN.

Radiación y protección **radiológica**

Guía didáctica para centros
de enseñanza primaria



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE EDUCACIÓN

isftic

Instituto Superior de Formación y
Recursos en Red para el Profesorado