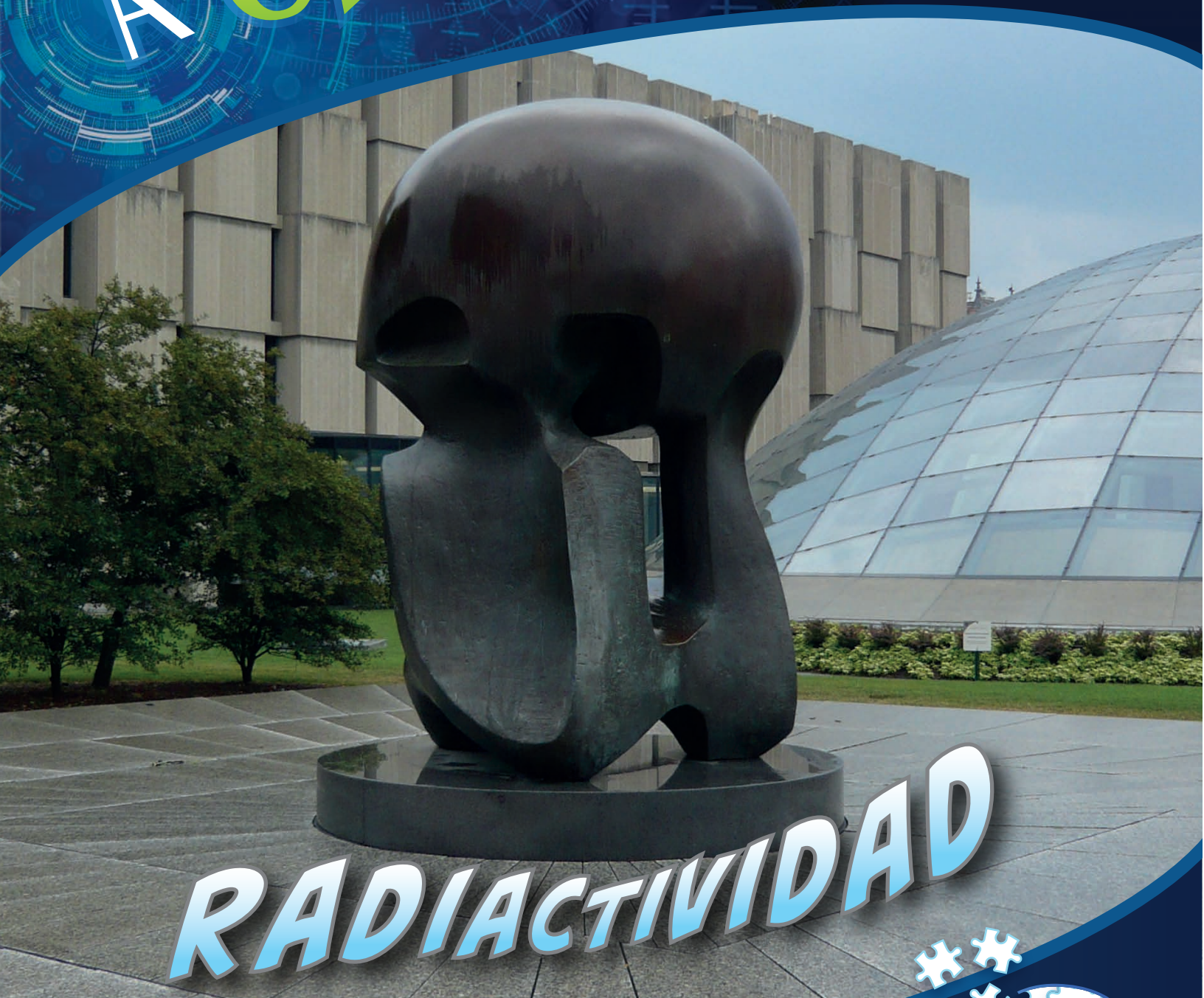




# A ciencia cierta...



# RADIATIVIDAD

*Nuclear Energy*. Escultura en bronce realizada por el artista inglés Henry Moore (1965), localizada en el campus de la Universidad de Chicago, sitio donde se construyó el primer reactor nuclear (1942).

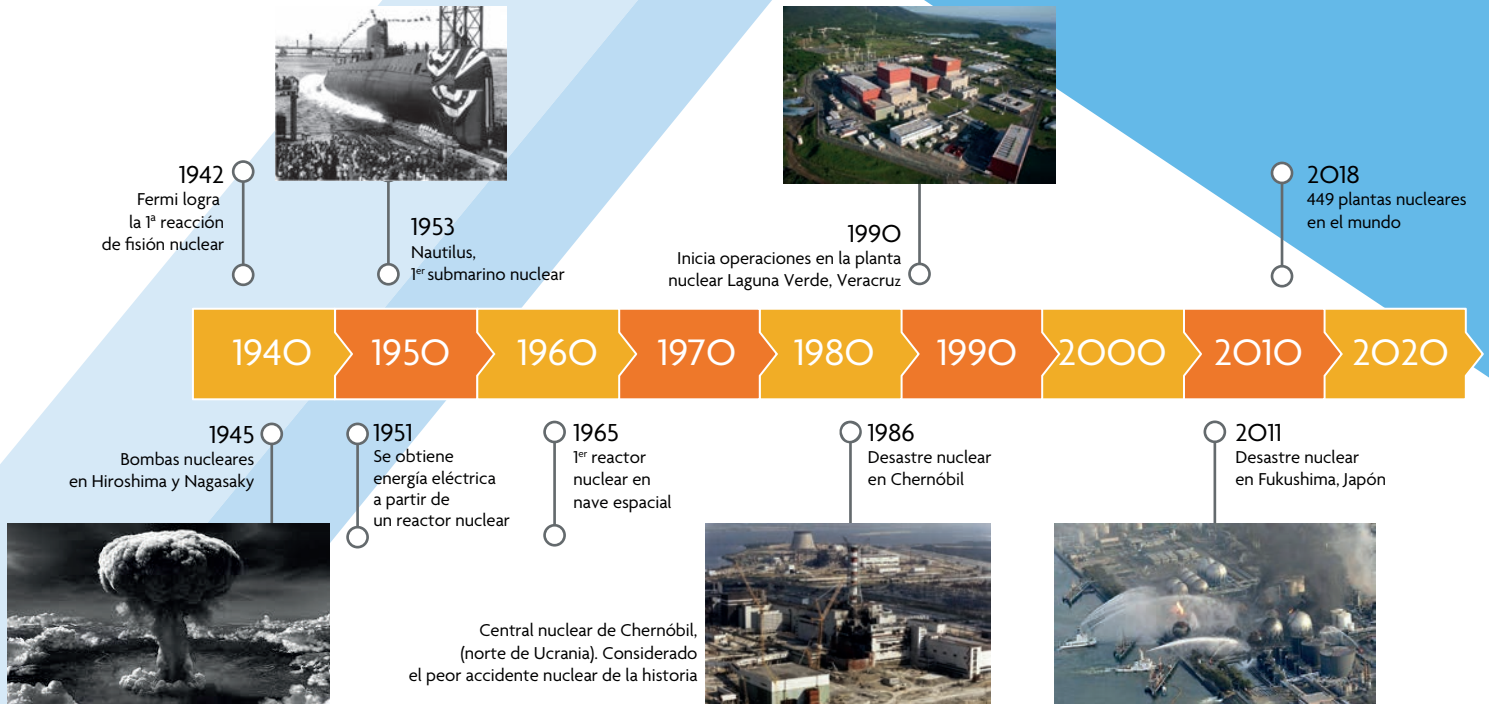






# Y tú, ¿qué es lo que piensas?

La palabra radiactividad es uno de esos términos científicos que anda en boca de todos, la escuchamos de manera regular a través del radio y la televisión, o la leemos constantemente en los periódicos y en Internet. Se le asocia con hechos como los bombardeos de Hiroshima y Nagasaki durante la Segunda Guerra Mundial; la explosión del reactor nuclear de Fukushima (Japón), tras el terremoto y el tsunami que ocurrieron en 2011; los misiles nucleares o el tratamiento contra el cáncer. En la siguiente línea del tiempo encontrarás algunos sucesos relevantes en torno a este fenómeno.



## ► ¿Qué sabes sobre el tema?

A continuación encontrarás afirmaciones relacionadas con la radiación y la radiactividad.

Indica si las consideras verdaderas (V) o falsas (F):

- Los materiales radiactivos son siempre artificiales y provienen de bombas y plantas nucleares.
- Los desechos radiactivos siempre se encuentran a altas temperaturas.
- Las células cancerosas son más sensibles a las radiaciones que las células sanas.
- La exposición a material radiactivo causa severas quemaduras.
- El cuerpo humano posee naturalmente pequeñas cantidades de sustancias radiactivas.
- Los materiales radiactivos brillan en la oscuridad.
- Las personas que fuman están expuestas a mayores dosis de radiación que las que no fuman.
- Los elementos como el uranio y el radio son radiactivos, pero otros, como el carbono y el plomo, no lo son.
- La radiactividad es un componente natural del ambiente.
- Las plantas nucleares no contaminan el aire cuando operan en condiciones adecuadas.

¿Piensas que cuentas con información suficiente sobre este tema?

Compara tus respuestas con las de tus compañeros

# Un poco de información

La estabilidad de un núcleo atómico depende del número relativo de protones y neutrones que tiene. Por otro lado, los átomos de un mismo elemento que tienen diferente número de neutrones reciben el nombre de *isótopos*. Nuestro cuerpo, por ejemplo, está formado en su mayoría por átomos de carbono (C) con 6 protones y 6 neutrones en el núcleo (su número de masa es 12); este isótopo, que se representa como C-12, es estable. Sin embargo, una pequeña fracción de los átomos de carbono posee 6 protones y 8 neutrones en su núcleo, se trata del isótopo C-14 que es inestable y radiactivo.

Muchos elementos comunes, como el oxígeno, el aluminio, el yodo y el potasio tienen isótopos radiactivos (radioisótopos). Esto no significa que se trate de materiales que brillen o se encuentren a altas temperaturas. Cuando un núcleo radiactivo emite una partícula alfa o una partícula beta, se modifica su número de protones (número atómico), como consecuencia se convierte o “transmuta” en otro elemento. Por ejemplo, cuando un núcleo de uranio (U) que tiene 92 protones decae de forma natural, pierde una partícula alfa (con dos protones) y se transmuta en un átomo del elemento torio (Th), que tiene 90 protones.

Algunos materiales tienen la propiedad de emitir radiaciones espontáneamente. Este fenómeno conocido como radiactividad fue observado por primera vez por Henry Becquerel en 1896 y es el resultado de la transformación que experimentan los núcleos de los átomos de ciertos elementos. En un átomo radiactivo, el núcleo es inestable y puede tener cambios en los que se emiten partículas y energía, fenómeno conocido como *radiación*.

Los núcleos de los átomos de uranio no sólo se rompen en forma natural, también lo hacen artificialmente, este proceso se llama *fisión nuclear* y en él se liberan grandes cantidades de energía. Bajo ciertas condiciones, la fisión de un átomo puede desencadenar la fisión de otros, en lo que se denomina una “reacción en cadena”, la cual libera una gigantesca cantidad de energía, que puede resultar en una explosión devastadora, esto es lo que ocurre con una bomba atómica. Sin embargo, de manera controlada esta energía es aprovechada en las plantas nucleares de generación de electricidad.

La radiación emitida por los materiales radiactivos puede ser de tres tipos: rayos  $\alpha$ , rayos  $\beta$  y rayos  $\gamma$ . Para conocer cuáles son sus diferencias observa el video **RADIATION PROPERTIES** ubicado en el siguiente vínculo:



[http://engineertech.org/courses/conceptual-physics-fundamentals/?vimeography\\_gallery=30&vimeography\\_video=121375544](http://engineertech.org/courses/conceptual-physics-fundamentals/?vimeography_gallery=30&vimeography_video=121375544)



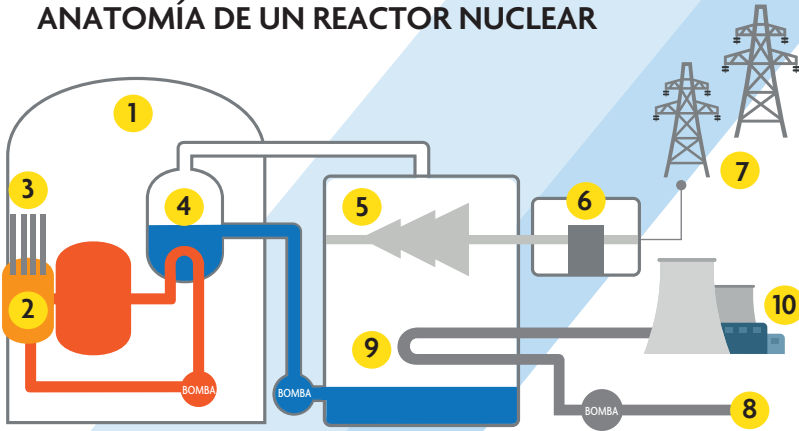
Con la información que se presenta en el video, ordena los términos de la derecha en el espacio que corresponda, de manera que la tabla muestre las características de cada tipo de radiación.

	Rayos $\alpha$	Rayos $\beta$	Rayos $\gamma$
Carga			
Masa			
Poder relativo de penetración			
Naturaleza de la radiación			
Explicación	Equivale a la liberación de un núcleo de helio-4. Disminuye el número atómico en 4 y la masa en 2.	Equivale a la conversión de un neutrón en un protón. Incrementa el número atómico en 1.	No cambia el número atómico, ni la masa.
Ejemplo	Uranio-238	Yodo-131	Cobalto-60

- alto
- + (positiva)
- 0 (no carga)
- fotones
- bajo
- (negativa)
- mayor (masa)
- medio
- núcleos de  ${}^4_2\text{He}$
- 0 (no masa)
- electrones
- menor (masa)

# ¿Cómo generan electricidad los reactores nucleares?

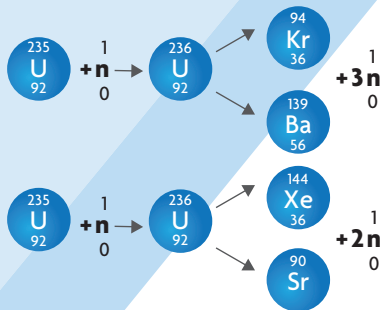
## ANATOMÍA DE UN REACTOR NUCLEAR



- 1 Estructura de confinamiento
- 2 Reactor nuclear
- 3 Barra de control
- 4 Generador de vapor
- 5 Turbina
- 6 Generador
- 7 Transformador
- 8 Fuente de agua fría
- 9 Condensador
- 10 Torres de enfriamiento

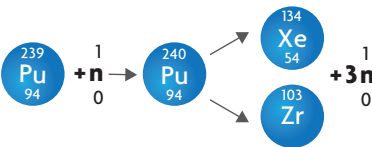
Las reacciones de fisión nuclear liberan gran cantidad de energía en forma de calor, que se usa para calentar agua y producir el vapor que mueve la turbina, para que esta a su vez haga girar un generador. El vapor se recicla continuamente mediante condensación, de manera que la turbina no se detiene.

## FISIÓN NUCLEAR



La colisión de neutrones con uranio-235 produce plutonio-239, que también es fisionable y contribuye en la generación de energía del reactor.

## EJEMPLOS DE REACCIONES DE FISIÓN DE URANIO



Los pelets de óxido de uranio se empaquetan en barras. Durante la fisión nuclear los neutrones colisionan con los átomos de uranio-235 y producen uranio-236, el cual se divide en átomos de elementos más ligeros, esto libera energía y más neutrones que colisionan con otros átomos de uranio-235. Así se genera una reacción en cadena.

## CONTROL DE LA REACCIÓN

### BARRAS DE CONTROL



Arriba: se permite que ocurran más reacciones.



Abajo: se disminuye la reacción en cadena.

Las barras de control se fabrican de boro o cadmio, que absorben neutrones, disminuyendo así su disponibilidad para detonar reacciones de fisión.

### MODERADORES



Agua



Grafito

Los moderadores disminuyen la velocidad de los neutrones y facilitan su colisión con los átomos de uranio.

### DESPERDICIO NUCLEAR

Los productos de fisión permanecen radioactivos por muchos años, por lo que deben almacenarse siguiendo normas rigurosas.

• Uranio-238	95 %	• Uranio-235	1 %
• Plutonio	1 %	• Productos de fisión	3 %



Para saber más sobre el funcionamiento de una planta nuclear de generación de energía y formar una opinión respecto a su conveniencia, observa el video localizado en el siguiente vínculo: <https://youtu.be/s22FBkCmCMM>

Investiga las ventajas y desventajas de las plantas nucleares

¿Piensas que son convenientes?



# Decaimiento radiactivo y vida media

Fósil de trilobite, datado en 520 millones de años con la técnica de carbono-14.



No todos los núcleos atómicos que constituyen un material radiactivo se transforman al mismo tiempo. El tiempo que tardan en decaer la mitad de los núcleos presentes en una muestra se conoce como el *tiempo de vida media*. Conocer la vida media de los diversos materiales radiactivos es fundamental para decidir qué hacer con un desecho radiactivo o determinar la utilidad y las medidas de precaución que hay que tener con los radioisótopos utilizados en la Medicina. Cada tipo de núcleo radiactivo tiene una vida media característica.

En la tabla se muestran algunos ejemplos:

Radioisótopo	Tiempo de vida media	Uso
Tecnecio-99 (Tc-99)	6 horas	Detección de tumores en el cerebro.
Radón-222 (Rn-222)	3.82 días	Presente en materiales de construcción.
Cobalto-60 (Co-60)	5.7 años	Tratamiento de cáncer.
Carbono-14 (C-14)	5.730 años	Determinación de la antigüedad de objetos.
Potasio-40 (K-40)	$1.3 \times 10^9$ años	Presente en los tejidos humanos.

## ► Una analogía

Coloca en una caja de zapatos un número grande de monedas de igual denominación, por ejemplo, 80 de un peso. Acomoda todas las monedas con la misma cara hacia arriba y tapa la caja, sujétala por ambos lados sosteniendo la tapa y dale una buena sacudida.

En la primera sacudida de la caja, se voltearán cierto número de monedas. Abre la caja y cuenta las monedas que se voltearon y retíralas. Repite esta operación tres o cuatro veces más, procurando que las sacudidas sean de la misma intensidad.



Construye un cuadro en el que anotes las monedas que se voltearon en cada sacudida y las que no.

Número de veces que sacudiste la caja	Número de monedas que se voltearon	Número de monedas que quedaron sin voltearse
0	0	Número total de monedas
1		
2		

- Con la información de la tabla elabora una gráfica de número de monedas que quedan sin voltearse después de cada sacudida (eje de las y) contra número de veces que sacudiste la caja (eje de las x).

### Algunas consideraciones importantes para realizar una gráfica

Elige las variables que graficarás en cada eje. Por convención, la independiente va en el eje de las x y la dependiente, en el de las y.

Elige la escala de ambos ejes de tal forma que el trazo que obtengas ocupe todo el espacio disponible.

Asigna un título a la gráfica e indica la variable, con sus unidades, correspondiente a cada eje.

## ► El modelo

Imagina que tienes una pequeña muestra de material radiactivo formado por 1000 átomos, realmente ¡pequeñísima! En este material sólo el 20 % de los núcleos radiactivos que hay en cierto momento se descomponen después de transcurrido un día. Así, si inicialmente tenías 1000 átomos, después de un día quedarán 800 sin transformar. El segundo día se transmutarán 160 y quedarán 640 sin transformar, y así sucesivamente.

- Construye una tabla que muestre el número de núcleos transformados y el número de núcleos radiactivos que quedan al cabo de cada día, hasta completar 15 días.
- Utiliza la información de la tabla para hacer una gráfica del número de átomos radiactivos, como función del tiempo transcurrido. Analiza la gráfica y responde:

- ¿Cuánto tiempo tardaron en transformarse la mitad de los núcleos radiactivos iniciales?
- ¿Cuánto tiempo tardarán en transformarse todos los núcleos?
- ¿Qué forma tiene la gráfica que obtuviste?
- ¿Se parece la forma de esta gráfica a la del ejercicio de las monedas?
- Comenta con tus compañeros de clase, las semejanzas y diferencias de ambos experimentos.

El experimento de la caja con monedas es una analogía del decaimiento radiactivo.



- Analiza la forma de la gráfica que obtuviste.

# Fuentes de radiación

Cuando la radiación interacciona con la materia, le transfiere energía y esto provoca que algunos de sus átomos pierdan uno o dos electrones y se ionicen, por eso se le llama *radiación ionizante*. Aunque no lo creas, mientras lees estas líneas estás siendo bombardeado por una buena cantidad de radiación ionizante. Parte de ella proviene del exterior de la Tierra: la radiación cósmica, pero otra parte es emitida por fuentes naturales, desde las paredes de la habitación en la que te encuentras hasta la comida que ingieres. Cerca del 75 % de la dosis de radiación que recibe tu cuerpo anualmente proviene de fuentes naturales.

La dosis de radiación recibida por una persona se mide en rems. Esta unidad da una idea de los daños biológicos provocados por la radiación ionizante. En general, se recomienda que una persona no reciba más de 0.5 rems o 500 milirems (mrem) de radiación al año.

## ► ¿Cuánta radiación recibes?

Analiza la siguiente información y haz la cuenta de la cantidad total de radiación a la que estás expuesto en un año por fuentes naturales y artificiales:



### 1. Radiación cósmica

Se trata de radiación proveniente del espacio exterior. A nivel del mar, la dosis anual debida a esta fuente es de 26 mrem; por cada 100 m de altitud, la dosis se incrementa en 1.5 mrem.

►► Tu dosis anual es: \_\_\_\_\_



### 2. Radiación de origen cósmico

Cuando la radiación que llega del exterior interacciona con la atmósfera, genera radioisótopos. El carbono-14 es uno de los más importantes y se integra a los tejidos vivos mediante los ciclos naturales. La dosis anual debido a esta fuente es de 1 mrem.

►► Tu dosis anual es: \_\_\_\_\_



### 3. Radiación terrestre

Proviene de los radioisótopos presentes en el planeta y tienen una vida media cercana a la edad de la Tierra. Uno de los más importantes es el Ra-222, el cual se encuentra en los minerales que se utilizan para fabricar materiales de construcción. Si tu casa está hecha de ladrillos, la dosis anual es de 75 mrem; si tiene cemento o concreto, 85 mrem más; si hay madera, 40 mrem extra.

►► Tu dosis anual es: \_\_\_\_\_



### 4. El K-40 es una fuente importante de radiactividad

Este isótopo está presente en los alimentos que contienen potasio, como los plátanos, y ya es parte integral de tu cuerpo. La dosis anual por esta fuente es de 12 mrem por alimentos, 14 mrem por la superficie de los huesos, 27 mrem por médula ósea y 18 mrem por tejido muscular.

►► Tu dosis anual es: \_\_\_\_\_



## 5. Productos de consumo

Dentro de las fuentes artificiales se encuentran gran variedad de productos de uso común. Considera 15 mrem más si consumes alguno de ellos.

Producto	Radioisótopo
Pinturas luminiscentes	Prometio-147
Linternas para acampar	Torio-230
Detectores de humo	Americio-241
Productos de vidrio y cerámicos. Productos dentales	Uranio-238
Cigarros y puros	Plomo-210 Polonio-210

▶▶ Tu dosis anual es: \_\_\_\_\_



## 6. Tratamientos médicos

Aunque la dosis aquí depende del tipo de tratamiento, los más comunes son los rayos X. Si la radiografía es de pecho, 50 mrem; de sistema digestivo, 200 mrem; de dientes, 20 mrem.

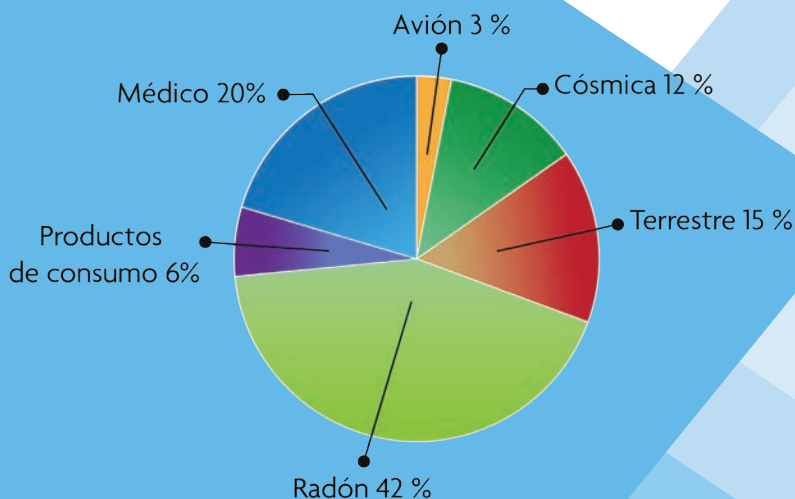
▶▶ Tu dosis anual es: \_\_\_\_\_

## 7. Viajes en avión

De la misma manera que la dosis de radiación cósmica es mayor para las personas que viven a grandes altitudes, donde la protección de la atmósfera es menor, aumenta tu dosis anual en 3 mrem por cada 5 horas de viaje en avión.

▶▶ Tu dosis anual es: \_\_\_\_\_

▶ **Elabora una gráfica como la que se muestra**  
que represente la distribución de los tipos de radiación a los que te expones.



¿Cuál es tu dosis anual total?

¿Te encuentras por debajo de los límites recomendados?

¿Qué podrías hacer para reducir la dosis de radiación que recibes?

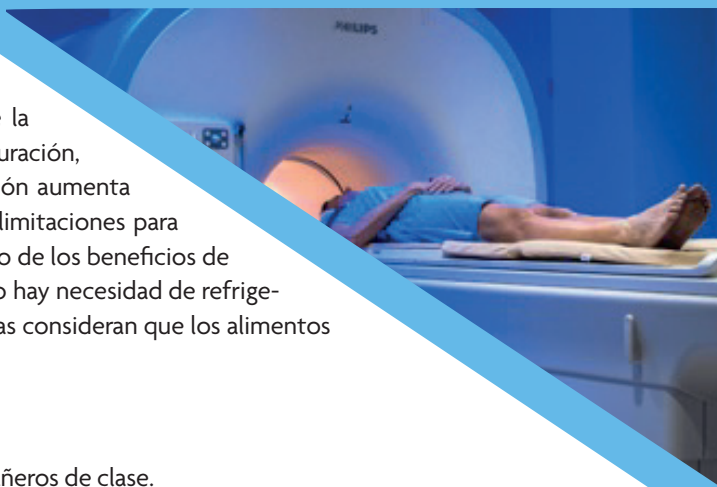


# ¿Qué hacer?

Los efectos de la radiactividad sobre los seres vivos dependen del tipo de radiación, de la dosis y de la naturaleza de las células que la reciben. Si la dosis es alta, las células mueren sin remedio, pero aún en pequeñas dosis la radiación ionizante puede alterar las moléculas de ADN que contienen la información genética necesaria para que la célula realice sus funciones. En muchos casos las células comienzan a reproducirse de manera anormal y se desarrolla un tumor canceroso.

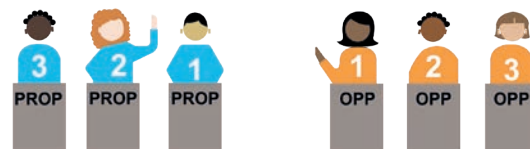
Por otro lado, los materiales radiactivos tienen gran cantidad de usos benéficos en medicina. El tratamiento radiactivo del cáncer se basa en el hecho de que las células cancerosas se reproducen más rápidamente que las normales y son más sensibles a los efectos de la radiación, por lo que mueren más de ellas al irradiarlas. El uso de radioisótopos también le permite a los doctores diagnosticar enfermedades; la inyección de sustancias radiactivas permite visualizar los órganos del cuerpo sin realizar una cirugía.

En el terreno alimentario, la irradiación es un método físico de conservación en el que se expone a los alimentos a una radiación tipo gamma de cobalto o cesio radiactivos (Co-60, Cs-137). En función de la intensidad de la radiación, se tienen efectos distintos: retardar la maduración, reducir la contaminación por bacterias y también esterilizar. La radiación aumenta los períodos de conservación y no altera los nutrientes, aunque tiene limitaciones para usarse en la leche o en otras sustancias con alto contenido de agua. Otro de los beneficios de irradiar los alimentos es que se reduce la demanda de energía porque no hay necesidad de refrigerarlos. Sin embargo, el tema suscita controversia, ya que algunas personas consideran que los alimentos permanecen radiactivos.



## ► Debate

Formen dos equipos con tus compañeros de clase. Uno de ellos tendrá que presentar un conjunto de ideas y argumentos a favor del uso de materiales radiactivos, mientras el otro tendrá que defender la posición de limitar e incluso prohibir su uso. Después del debate, hagan un listado de los riesgos y los beneficios de la radiactividad.



## Y después de todo esto...

¿Existen más riesgos que beneficios?

¿Cómo han cambiado tus ideas respecto a la radiactividad?

¿Qué acciones propones para informar mejor al público respecto al tema?

### AUTORES:

Vicente Talanquer, Carolina Guzmán  
1ª Edición 1992.

### ACTUALIZACIÓN 2021:

Alejandra López, Raúl Coló,  
Francisco Fenoglio.

### COORDINADORA:

Alejandra López.

### ASESOR GENERAL:

Vicente Talanquer.

### RESPONSABLE ACADÉMICA:

Glinda Irazoque.

### DISEÑO EDITORIAL:

Sonia Barragán / Coordinación  
de Comunicación, FQ



### Para saber más

- *ChemCom Chemistry in the Community*, 6ª edición, American Chemical Society-ACS, USA, 2011.
- *Glencoe Chemistry: Matter and Change*, McGraw Hill, USA, 2017.
- Bulbulian, Silvia, *La Radiactividad*, Fondo de Cultura Económica, México, 2003.

Proyecto apoyado por DGAPA-UNAM, a través del programa PAPIIME PE213618.  
Publicación autorizada por el Comité Editorial de la Facultad de Química.

ISBN de la colección: 978-607-30-5303-7 • ISBN del volumen: 978-607-30-5304-4

