



# NATURALIS

BOLETÍN DE LA COORDINACIÓN DE  
FÍSICA Y QUÍMICA

No. 19

junio de 2012

DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS



## Contenido

### 1 Teoría de la Relatividad Especial

Roberto Carlos Acevedo Rosas  
Luis Gregorio Hernández Pacheco  
Juan Carlos Vélez Espinoza

### 4 ¡Un mundo Radiactivo!

Martín Hernández Altamirano  
José de Jesús Humberto Hernández Velásquez  
Guillermo Rojas Garduño  
Roberto Sosa Higareda

---

## Teoría de la Relatividad Especial

### Introducción:

Desde que el hombre sintió curiosidad por conocer el mundo que le rodeaba, se ha topado con una gran cantidad de preguntas de diverso tipo, de las cuales la mayoría parecían incomprensibles. Ejemplos de estas preguntas son: ¿qué son las estrellas? ¿La Tierra es plana y tiene un fin? ¿Qué es el Sol? ¿Por qué se mueve el mar? Etc.

No podemos negar que todo este tipo de preguntas pueden experimentarse con relativa facilidad, es decir, podemos emplear nuestros sentidos para percibirlos (no todos, claro, depende del asunto). Pero... ¿cómo podemos comprender el comportamiento de fenómenos que no podemos percibir? ¿Qué nos asegura que dichos fenómenos existen? Es por eso que la Teoría de la Relatividad (Especial y General) puede parecerse sumamente complicada, porque sus efectos se encuentran fuera de nuestra experiencia cotidiana, obligándonos a desechar las nociones que nos son útiles en ésta.

Es por eso que Albert Einstein (junto con Newton) es considerado como el más grande científico de todos los tiempos: por haber visto el mundo como nadie lo había visto antes, obligando con sus descubrimientos al nacimiento de una física que explique, empezando por esta teoría, cómo funciona el Universo: la Física Moderna.

### La Teoría de la Relatividad

La Teoría de la Relatividad (o Mecánica Relativista) se nos presenta en dos formas:

*Teoría de la Relatividad Especial:* que es de la que se hablará en este artículo y que permite explicar el comportamiento del espacio y del tiempo en función de un observador, fue propuesta por Albert Einstein en 1905.

*Teoría de la Relatividad General:* que intenta explicar el por qué de la gravedad, mediante la generalización de la Teoría de la Relatividad Especial, fue propuesta por Albert Einstein en 1915.

Para entender un poco la Teoría de la Relatividad Especial, empecemos con algo sencillo: imaginémonos viajando en el Pumabús de la ruta 1 (el cual recorre el Circuito Escolar).

A continuación, observemos nuestro entorno: para todos los que estemos dentro del autobús, los tubos, los asientos, nuestros compañeros, etcétera, nos parecerán fijos o en reposo, **porque vamos a la misma velocidad que ellos**, mientras que para alguien que esté en el exterior, podrá ver que el pumabús y todo lo que está dentro de él, se mueve. Si nos damos cuenta, lo mismo sucede con cualquier tipo de transporte.

Ahora bajémonos en Rectoría. Si observamos dicha Torre, nos parecerá fija o inmóvil, de nuevo porque lleva la misma velocidad que nosotros. ¿Cuál velocidad? La velocidad con



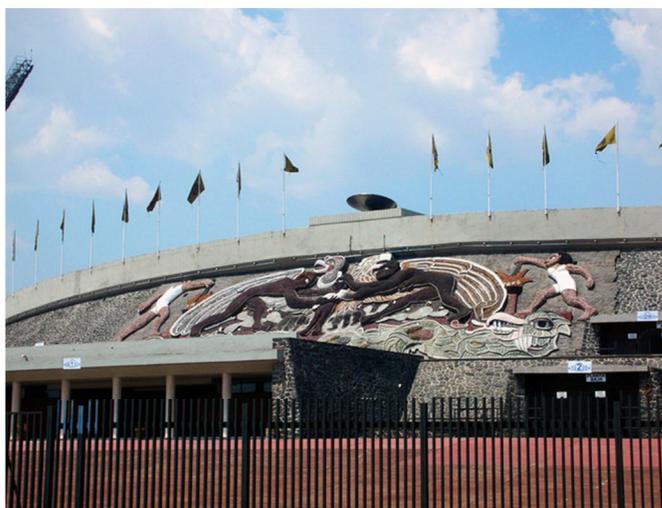
que la Tierra gira sobre sí misma y alrededor del Sol. Y la Torre de Rectoría y nosotros nos encontramos dentro de la Tierra, lo cual, es análogo a cuando nos encontrábamos dentro del pumabús, y todo lo que estaba dentro de él nos parecía fijo o inmóvil; esto quiere decir, que si alguien viera desde el espacio a la Tierra, podría ver cómo todo se mueve dentro de ella.

Estos pensamientos sobre el movimiento no terminan ahí: decimos que nos movemos con el pumabús, pero... ¿cómo es que en realidad sabemos que nos estamos moviendo? Porque usamos un objeto como referencia, el cual en este caso es C.U.; nos movemos con respecto a C.U., y cualquier persona que se encuentre dentro de ella sabrá que nos estamos moviendo y que llevamos cierta velocidad, ya que esa

persona forma parte del objeto de referencia, que es, repitiendo, C.U., pero si no hubiera nada alrededor del pumabús, ¿qué nos aseguraría que nos estamos moviendo, si no sabemos respecto a qué nos movemos? Es decir, en esa situación no tendríamos ninguna referencia, estaríamos buscando un punto de vista absoluto, lo cual nos hace llegar a la siguiente deducción: **Todo movimiento, y en consecuencia velocidad, son relativos. La perspectiva absoluta no existe.**

Veamos ahora las cosas de diferente manera: el pumabús se mueve respecto a C.U., C.U. se encuentra sobre la Tierra, la cual gira sobre sí misma y alrededor del Sol, el cual a su vez está girando en torno al centro de la Galaxia, y así sucesivamente; por lo tanto, **en el Universo nada está inmóvil, todo se está moviendo en relación con algo. De ahí la palabra "relatividad"**.

Supongamos ahora que nos quedamos de ver con dos personas en el Estadio Olímpico Universitario a las 13:00 h.



Una viene del extranjero y se encontraba en nuestro mismo huso horario, otra vive muy cerca de C.U., y nosotros venimos de la zona conurbada. Cuando nos encontremos con ellas, nos parecerá que todos tenemos la misma hora: 13:00 h. lo cual en realidad no es cierto. Cada quien tiene una hora diferente. ¿Por qué?

Porque la perspectiva absoluta no existe. **El tiempo también es relativo.** ¿Cómo es esto posible? ¿Entonces nuestros relojes están equivocados?

Cada una de las personas con las que nos encontramos usaron métodos diferentes para llegar al estadio: la que viene del extranjero forzosamente uso el avión, a la que vive cerca de C.U. le bastó con caminar, y nosotros usamos el metro y el pumabús (dichoso pumabús).

Resulta que cuando más rápido avanza un objeto, el tiempo en torno a él transcurre más lentamente. **A este fenómeno se le llama “dilatación del tiempo”.** Por ello, podemos afirmar que la persona que viene del extranjero ha vivido más lentamente, ya que cuando estaba en el avión iba a una velocidad impresionante, y al ir el avión a esa velocidad, el tiempo dentro de él transcurrió más lentamente; después de esa persona nosotros fuimos los que vivimos más lentamente, ya que al usar el metro y el pumabús, y al ir estos a una velocidad considerable, el tiempo dentro de ellos transcurrió más lentamente, obligándonos a vivir más lentamente con respecto a los que se encuentran en el exterior; y la persona que caminó, prácticamente vivió igual que todo mundo.

¿Pero cuánto tiempo fue el que ganamos de vida? Milmillonésimas de segundo, o quizá muchísimo menos. Pero eso sí, vivimos más.

Es por eso que decimos que tenemos la “misma” hora: porque el tiempo que ganó uno con respecto a otro, es tan pequeño que no se considera significativo y por lo tanto, tendemos a pensar que el tiempo es inmutable, lo cual, como queda ya claro, es un error. Tal vez todo esto parezca sacado de alguna novela de ciencia ficción, pero la dilatación del tiempo es una ley natural.

Pero aún falta más: **el espacio también es relativo.** ¡¿También?!

Sí, también. Esta vez, entre más rápido avanza un objeto, más pequeño se hace en la dirección de su movimiento. La visión de este fenómeno de contracción del espacio depende de un observador.

Usaremos un ejemplo para entender mejor esto, pero antes aclaremos algo de suma importancia en la Relatividad Especial: el valor actualmente aceptado para la velocidad de la luz en el vacío es de 299 792.458 [km/s] y es el límite de velocidad en el universo; es decir, **nada puede ir más rápido ni alcanzar la velocidad de la luz. No importa con qué rapidez ni dónde se mida. La velocidad de la luz es absoluta.**

Es a velocidades cercanas a la de la luz cuando podríamos presenciar la dilatación del tiempo y la contracción del espacio, lo cual es imposible, ya que la velocidad de la luz se encuentra fuera de nuestras capacidades.

Así que usaremos un experimento mental ideado por Einstein para demostrar que el tiempo y el espacio son relativos: “La Paradoja de los Gemelos”. En este experimento una pareja de gemelos es la protagonista. Uno emprende un largo viaje en una nave espacial hacia una estrella a una velocidad cercana a la de la luz, mientras que el otro gemelo se queda en la Tierra. Al volver el gemelo del espacio a la Tierra, encontrará a su hermano muchísimo más viejo que él. Para él, pasó muy poco tiempo, para el otro, toda una vida...

¿Por qué sucede esto? Por la dilatación del tiempo. Al ir uno de los gemelos a una velocidad cercana a la de la luz, ganó años de vida, ya que el tiempo transcurrió muchísimo más lentamente

debido a esa velocidad fulminante, y a mayor lentitud del tiempo, mayor lentitud de la vida.

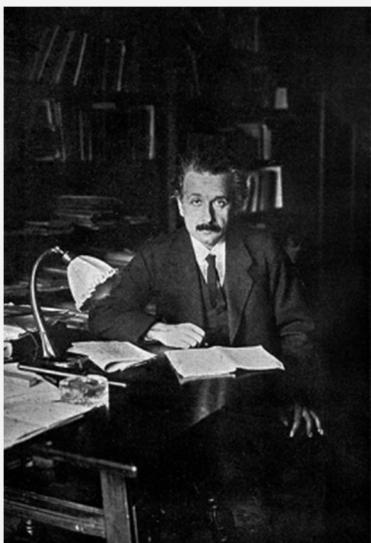
Ahora imaginemos a ese gemelo en su nave, atravesando el espacio y yendo a una velocidad cercana a la de la luz. Para nosotros, los que podemos ver su nave, ésta se contrae considerablemente, ya que a mayor velocidad, mayor empequeñecimiento del objeto en la dirección de su movimiento. Mientras que para él, la nave sigue igual, todo sigue igual.

¿Albert Einstein fue capaz de descubrir y formular todo esto? Así es, y aún faltan el Efecto Fotoeléctrico y la equivalencia masa-energía ( $E=mc^2$ ), entre otras aportaciones, las cuales son igual y hasta más fascinantes que ésta.

Esperamos que esta pequeña introducción a las aportaciones científicas de Albert Einstein motive al lector a recorrer solo el largo camino que aún falta.

### **Albert Einstein.**

Físico alemán, nacionalizado posteriormente suizo y estadounidense. Nació el 14 de marzo de 1879 en Ulm, Alemania, y falleció el 18 de abril de 1955 en Princeton,



Estados Unidos. Gracias a sus teorías, es uno de los científicos más conocidos e importantes que ha visto el mundo. Ganó el Premio Nobel de Física en 1921 por su trabajo en la Física Teórica y por explicar el Efecto Fotoeléctrico. Actualmente, las Teorías Especial y General de la Relatividad, son fundamentales para comprender el Universo, y han acercado al hombre considerablemente a descubrir el origen de todo.

### **Agradecimientos**

Los autores agradecen al M. en C. Q. Alfredo Velásquez Márquez por el préstamo del libro *ABC de la Relatividad*, de Bertrand Russell, que formó parte importante en la comprensión de la Teoría, y por sus recomendaciones para la redacción del artículo.

### **Referencias**

1. Colección audiovisual "El Universo. Enciclopedia de la Astronomía y del Espacio". Vídeo 14: "Los misterios del espacio-tiempo". Vídeo disponible en: <http://www.youtube.com/watch?v=k2DpcprBQ-0>
2. Vídeo divulgativo del Instituto de Astrofísica de Canarias. Vídeo disponible en: [http://www.youtube.com/watch?v=F7XPAPRE\\_Sw](http://www.youtube.com/watch?v=F7XPAPRE_Sw)
3. Russell, Bertrand; *ABC de la Relatividad*; Ediciones Orbis, S.A.; España, 1985.
4. [http://es.wikipedia.org/wiki/Albert\\_Einstein](http://es.wikipedia.org/wiki/Albert_Einstein)

Las imágenes se obtuvieron de las direcciones electrónicas siguientes:

5. <http://images.artelista.com/artelista/obras/fichas/2/3/2/2391236135472586.jpg>
6. <http://img125.imageshack.us/i/475046250d3b9df7b8dose3.jpg/>
7. [http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Albert\\_Einstein\\_photo\\_1920.jpg](http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Albert_Einstein_photo_1920.jpg)

### **Roberto Carlos Acevedo Rosas**

*karurosu\_charly@hotmail.com*

### **Luis Gregorio Hernández Pacheco**

*zocker\_aa@hotmail.com*

### **Juan Carlos Vélez Espinoza**

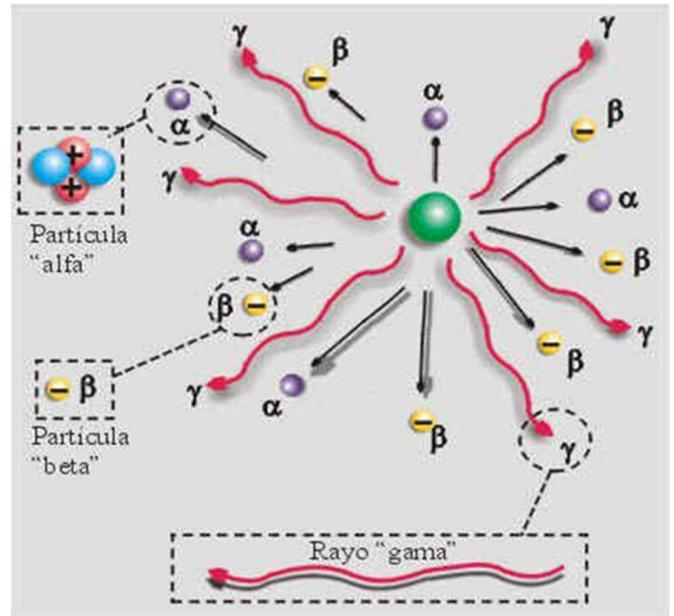
*music\_kira@hotmail.com*

Alumnos de la Facultad de Ingeniería de la UNAM

# ¡Un Mundo Radiactivo!

Es increíble creer que mientras estás leyendo estas líneas, estás siendo bombardeado por una cantidad importante de radiación ionizante. Ésta tiene muchos orígenes desde la cósmica, hasta la emitida por fuentes naturales, como el material de construcción de tu hogar y 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 REM, que es la unidad que une la dosis y el efecto de la radiación: la dosis, por la absorción de tejido blando y el efecto, por la unidad de efectividad biológica relativa. Esta unidad da una idea de los daños biológicos provocados por la radiación ionizante que se recibe. En general se recomienda que una persona no reciba más de 0.5 REM o 500 mREM de radiación al año.

Los efectos de la radiación en los seres vivos dependen del tipo de radiación, de la dosis, y de la naturaleza de las células que la reciben, pero, ¿qué es la radioactividad? La mayoría de los isótopos que se encuentran en la naturaleza, y que pertenecen a elementos con número atómico hasta de 19, poseen núcleos estables, porque el número de neutrones que contienen es aproximadamente igual al número de protones. Conforme los núcleos aumentan de tamaño, la repulsión aumenta, porque hay más protones formándolos y se necesitan más neutrones para evitar la desintegración nuclear por la repulsión de cargas iguales. Algunos de los átomos que contienen muchos neutrones son inestables y para ganar estabilidad se transforman en otros núcleos. Esto lo logran emitiendo diversas partículas y es lo que produce la radioactividad; así, en conclusión, la radioactividad es la emisión espontánea partículas de alta energía (partículas alfa y partículas beta) y de rayos gama, por parte de núcleos inestables (radioactivos) como se muestra en la figura siguiente:



Ahora daremos paso a un análisis de las fuentes de radiación a la que estamos expuestos, ya que eso nos podrá ayudar, además de conocer las fuentes de radiación tan cercanas al hombre y que cada día van en aumento, a conocer la cantidad de radiación que recibimos.

Comencemos por aquella radiación que nos llega del espacio exterior, la llamada "**radiación cósmica**", la que llega del espacio y que al interactuar con la atmósfera genera radioisótopos de carbono 14, que 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. La segunda fuente de radiación en orden de importancia es la "**radiación terrestre**": esta proviene de los radioisótopos presentes en el planeta, por ejemplo en los materiales de construcción, especialmente en la piedra, el ladrillo y el hormigón, que contienen elementos pesados, incluyendo algunos que son radiactivos (de forma natural). Uno de los más importantes es el radio-222 (Ra-222). Si tu casa está hecha de ladrillo, la dosis anual será de 75 mREM; si se tiene cemento o concreto, son 85 mREM más, si hay madera, 40 mREM extra. Los rayos alfa, beta y gama también están incluidos en esta categoría, ya que los emite la tierra (de forma natural) y los edificios, radiación a la cual todos

estamos expuestos ya que alrededor de 30000 átomos emisores de rayos alfa, beta y gama se desintegran cada hora en nuestros pulmones, procedentes del aire que respiramos. Por otra parte, somos atravesados por más de 200 millones de rayos gama por hora, procedentes del suelo y de los edificios.

Es sorprendente creer que incluso de los alimentos que consumimos recibimos radiación y que además son fuentes importantes dada su cantidad, por ejemplo, el isótopo potasio-40 (K-40) que encontramos en alimentos que contienen potasio (como los plátanos), otro ejemplo, serían los mariscos como son los mejillones, ostras, chirlas y caracoles marinos, que comidos en exceso pueden contribuir a un 50% más de radiación que una persona que no los consume a menudo.

Como ya habíamos mencionado anteriormente, la radiación nos puede llegar de diferentes fuentes, y la creada por el hombre no puede quedar exenta de este análisis. Los productos fabricados por la mano del hombre, aunados a las acciones del mismo, traen consigo más radiación para el ser humano. Ejemplo de ello son los siguientes productos.

PRODUCTO	RADIOISOTOPO
Pinturas luminiscentes	Prometio - 147
Linternas para acampar	Torio - 230
Detectores de humo	Americio - 241
Productos de vidrio y de cerámica	Uranio - 238
Productos dentales	Uranio - 238
Cigarros y puros	Plomo y polonio - 210

Si estás expuesto, o si utilizas estos productos, recibes una dosis anual de radiación de 15 mREM. Es importante hacer hincapié en el último producto de la tabla, ya que el hecho de fumar puede producir un efecto relativamente grave

debido a la radiación. Junto con los alquitranes y otros productos cancerígenos se depositan en los pulmones ciertas cantidades de isótopos radioactivos como son el plomo-210 y el polonio-210; un fumador puede



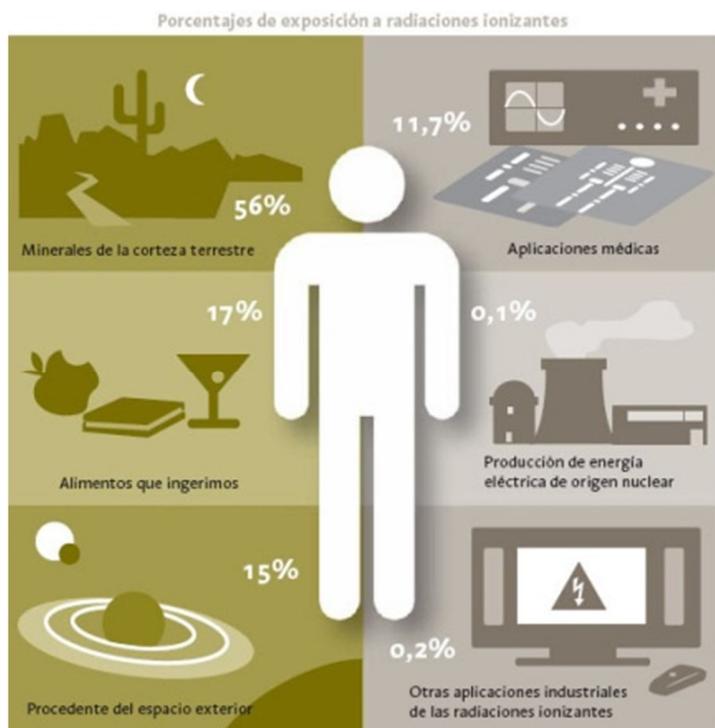
exponerse a grandes cantidades de radiaciones debido a estos isótopos. Se ha estimado que quien fuma un paquete y medio de cigarrillos al día, expone su tejido pulmonar a 8000 mREM por año. Las investigaciones han demostrado que el polonio-210 es el único componente del humo del tabaco que ha provocado cáncer en animales de laboratorio sólo por inhalación. El riesgo de que el polonio-210 aumente es debido al uso de fertilizantes fosfatados en los sembradíos de tabaco. El fosfato de calcio acumula uranio y libera radón que reacciona lentamente con el polvo y se adhiere a las hojas de tabaco. Esto deja un depósito de polonio radiactivo y de plomo en las hojas. Además, el polonio-210 es soluble: se diluye en la sangre y circula por el cuerpo (esto se puede verificar en un examen de sangre u orina de un fumador). El polonio-210 circulante puede provocar distintos tipos de cáncer y enfermedades cardiovasculares.

Las pruebas y las fábricas nucleares no se quedan atrás: además de producir radiación directamente contribuyen a la llamada "lluvia radiactiva". Sus efectos aumentan en países donde se realizan pruebas nucleares; ejemplo de ello, es que este tipo de lluvia aumentó sus niveles de radiactividad después del accidente de Chernóbil.

Puede parecer increíble, pero hasta viajar en avión nos da una dosis anual de 3 mREM por cada 5 horas de viaje en avión y, claro, aumenta a mayores latitudes. El papel que desarrolla la radiación en los tratamientos médicos es por un

lado benéfica y por el otro perjudicial, ya que durante una radiografía de pecho, la exposición a los rayos X produce 50 mREM, si la radiografía es del sistema digestivo se producen 200 mREM y si la radiografía es dental se producen 20 mREM, pero ayudan en el combate al cáncer, ya que las células cancerígenas mueren al irradiarlas. El uso de los radioisótopos ha sido clave en la medicina y en la ciencia general, ya que se usan para la detección de tumores; en el caso del carbono-14 (C-14) para determinar la edad de restos fósiles, y en el del cobalto-60 para el tratamiento del cáncer. La radiación por medios de comunicación y de aparatos electrodomésticos, además del teléfono celular, se ha discutido mucho. Lo que sí se puede decir es que en verdad estos sí producen radiación, pero no en cantidades suficientes que puedan afectar al hombre al grado de producir cáncer.

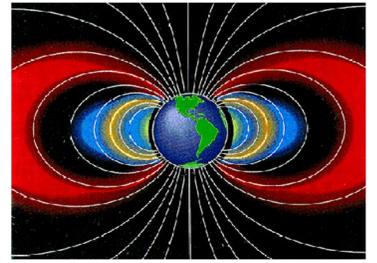
La siguiente imagen puede darnos un resumen de lo anterior, ya que en ella se muestra el porcentaje de radiación que recibimos según sea el tipo.



La protección de los seres vivos contra los efectos de la radiación se logra evitando que se produzca dicha interacción entre la materia y la

radiación; es decir, evitando la irradiación y la contaminación.

Uno de nuestros protectores contra este tipo de radiación es el campo magnético terrestre que desvía los rayos alfa y beta emitidos por el sol o provenientes del espacio exterior. Por otro lado, la capa de ozono nos protege de los rayos ultravioleta de onda corta (UVB) y de onda larga (UVA), emitidos por el sol, ésta capa los detiene en su mayoría pero para los que si alcanzan a llegar, las industrias farmacéuticas y en especial las que se dedican a la dermatología están trabajando en una serie de productos ya que esta radiación va en aumento por el rompimiento de la capa de ozono.



Por otro lado, algunos países como España ya están implementando medidas por medio de organismos o comisiones dedicadas a organizar y a difundir medidas para combatir los residuos radioactivos como El Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) y Enresa. Después de este análisis puedes darte cuenta de los orígenes, de las cantidades y de los misterios de la radiación. Esto es un hecho del cual nadie está exento, donde hay beneficios y perjuicios y ahora, después de leer estas líneas, te pregunto... ¿tú cuánta radiación recibes?

## Referencias

- 1 Castro, C. y Martínez, A.; *Química*; Santillana; México, 1998.
2. Hein, M. y Arena, S.; *Fundamentos de Química*; Thompson Editores; México, 2001.
3. Talanquer, V.; *Radioactividad. Folleto: A Ciencia Cierta*; Facultad de Química, UNAM y AND Editores; México, 2000.
4. Velázquez, Raquel; *Química General para Bachillerato*, Escuela Nacional Preparatoria; México, 2007.
5. <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/po.html#ixzzdivemansx>

**Martín Hernández Altamirano**

*lindemann\_mh@hotmail.com*

**José de Jesús Humberto Hernández Velásquez**

*jojehuheve@hotmail.com*

**Guillermo Rojas Garduño**

*memo\_rg-91@hotmail.com*

**Roberto Sosa Higareda**

*betososah@gmail.com*

Alumnos de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

---

## El Conocimiento

*La adquisición de cualquier conocimiento es siempre útil al intelecto,  
que sabrá descartar lo malo y conservar lo bueno*

*Leonardo Da Vinci (1452-1519)*

*El conocimiento es la mejor inversión que se puede hacer*

*Abraham Lincoln (1809-1865)*

*Sabemos muy poco,  
y sin embargo es sorprendente que sepamos tanto,  
y es todavía más sorprendente que tan poco conocimiento nos dé tanto poder*

*Bertrand Russell (1872-1970)*

*Los grandes conocimientos engendran las grandes dudas*

*Aristóteles (384 a. C.-322 a. C.)*

*Para saber que sabemos lo que sabemos,  
y saber que no sabemos lo que no sabemos,  
hay que tener cierto conocimiento.*

*Nicolás Copérnico (1473-1543)*