

[Inicio](#) > Aplicación de los isótopos en industria y tecnología

---

Recursos educativos

Radiación y Rayos X

# Aplicación de los isótopos en industria y tecnología

Origen: Propias

Tipo:

Teoría

Edad:

Secundaria (12-16)

radiación y rayos x

isótopos

industria

tecnología

Imprimir Descargar ficha en PDF

Las radiaciones nucleares son entes reales del mundo físico, que pueden ser utilizados en beneficio del hombre para mejorar su calidad de vida. De hecho, las radiaciones nucleares emitidas por los átomos radiactivos, dada la facilidad con que pueden ser detectadas, permiten utilizar dichos átomos como trazadores radiactivos de los elementos químicos a los que pertenecen, lo que conduce a su empleo en la visualización de los caminos que siguen los elementos en los sistemas físicos, químicos y biológicos en la naturaleza.

Así pues, los trazadores radiactivos permiten desentrañar los mecanismos de funcionamiento o de transformación del mundo material, ahorrando la paciente tarea de laboratorio que tendría que realizarse mediante miles y miles de análisis para obtener un conocimiento semejante. Por ello, no resulta exagerado afirmar que, en los últimos cincuenta años, se ha más que duplicado el acervo de conocimientos sobre el mundo físico, con ayuda de los trazadores radiactivos, que son el gran paradigma de la investigación científica de los sistemas materiales.

Pero las aplicaciones de los átomos radiactivos no se limitan exclusivamente a esta ampliación de la capacidad perceptiva con el auxilio de un detector; los átomos radiactivos, confinados herméticamente, se transforman en fuentes emisoras de radiaciones, cuya interacción con la materia aporta señales para medir propiedades de los objetos circundantes. Las radiaciones pueden atravesar los objetos opacos, sufriendo un debilitamiento en proporción a la materia que encuentran en su camino, o pueden ser reflejadas, dando información sobre la densidad del medio donde rebotan; o pueden excitar la emisión de otras radiaciones, características de los elementos presentes.

Estos fenómenos de interacción son el fundamento de multitud de aparatos empleados en el control automático de procesos de fabricación de productos laminares (papel, plástico, chapas metálicas, etc.), de recubrimientos metálicos sobre sustratos plásticos o sobre otros metales (cincado, cromado, plateado, etc.), de interruptores de nivel en depósitos de líquidos, etc. Mediante estos aparatos, las radiaciones nucleares no sólo ahorran al hombre trabajos rutinarios de control en diferido de los procesos industriales, sino que permiten realizar el control en tiempo real con todas las ventajas que ello supone para la productividad, el ahorro de materias primas, o la calidad de los productos.

???

En resumen, las radiaciones nucleares -partículas alfa, beta, neutrones y fotones gama- ofrecen un amplio repertorio de posibilidades interactivas con la materia, de las cuales se derivan múltiples aplicaciones, ya sea ayudando a detectar fenómenos imperceptibles, ya sea midiendo por transmisión, reflexión o fluorescencia las propiedades materiales que ve la fuente radiactiva.

## ¿Por qué los relojes atómicos permiten fechar los eventos geológicos?

En el pasado tuvieron lugar sucesos tales como la formación de las rocas, las erupciones volcánicas, las variaciones climáticas, glaciaciones, etc. Para reconstruir la cronología de este pasado geológico es necesario disponer de un reloj que indique el tiempo transcurrido; lo cual presupone, a su vez, que en los materiales que el pasado ha legado -sean éstos fósiles, rocas o minerales cristalinos- estén impresos signos indelebles del paso del tiempo.

Para este menester vienen como anillo al dedo los relojes atómicos, que son los únicos sistemas naturales capaces de proporcionar una lectura absoluta del tiempo transcurrido; y ello por una razón muy sencilla, porque los radionucleidos, que son la base de esta relojería de precisión, tienen una propiedad temporal invariante, a saber, que la probabilidad de desintegración de sus átomos es una constante; lo cual remite a esa ley exponencial decreciente con el tiempo para el número relativo de átomos radiactivos remanentes (radionucleido padre), y creciente para el de los átomos estables que se forman en la desintegración (nucleido hijo).

Para que un reloj sea útil debe marcar el tiempo correctamente, esto es, debe ser puesto en hora. Esta es la operación que hizo a su debido tiempo la naturaleza, cuando se consolidaron las rocas ígneas, se enfriaron las lavas volcánicas o se estratificaron los sedimentos; en ese momento se pusieron a cero los relojes. Pues el radionucleido padre quedó libre del hijo hasta entonces generado, y fue sólo a partir de este momento cuando el hijo empezó a acumularse en el seno de la red cristalina del mineral; acumulación que finaliza cuando se determina mediante análisis destructivo la cantidad de radionucleido remanente y de hijo formado.

Con estos datos, el problema queda determinado siempre que se cumpla una condición previa: que el mineral se haya comportado como un sistema estanco y no haya perdido cantidad apreciable de materia, ni del padre ni del hijo. Sea, por ejemplo, el caso del potasio-40, que se desintegra con un período de 1.300 millones de años, para dar el gas noble argón-40 (estable); no cabe duda de que en el momento de la formación de un mineral de potasio (sea éste feldespato, granito, etc.), el reloj se puso a cero, porque el argón es un gas noble volátil que escapa, y sólo a partir de entonces se pudo acumular en la red cristalina del mineral, de tal modo que el número de sus átomos, en el momento del análisis, nos sirve de señal cuantitativa del tiempo transcurrido.

Naturalmente, el radionucleido impulsor de un reloj deberá tener "cuerda" suficiente para medir el tiempo que se propone medir; y, por ello, se recurre a utilizar relojes que tengan un período de semidesintegración acorde con la lejanía del acontecimiento; así, con carbono-14 (5.730 años) sólo se pueden datar sucesos de finales del cuaternario, pero con otros radionucleidos, como el aluminio-26 (0,7 millones de años, abreviadamente, 0,7 Ma), yodo-129 (17 Ma), rubidio-87 (50.000 Ma), se puede fechar cualquier suceso de la evolución geológica de la Tierra.

### Aplicación de los isótopos en industria y tecnología

Image not found

[http://rinconeducativo.org/sites/default/files/sin\\_titulo76.jpg](http://rinconeducativo.org/sites/default/files/sin_titulo76.jpg)

Ahora bien, para que los relojes atómicos puedan ser utilizados, es necesario que alguna fuerza natural los haya creado sin el concurso del hombre; esta fuerza fue la explosión supernova que configuró el sistema solar, explosión que dio lugar a la formación de los radionucleidos primigénicos, como el rubidio-87, potasio-40 y los isótopos del uranio y del torio, que

todavía perduran. A esta clase de relojes habría que añadir otra, la basada en los radionucleidos cosmogénicos, formados en el bombardeo continuo de la Tierra por la radiación cósmica, que origina niveles constantes de radiactividad de carbono-14, y de otros radionucleidos de períodos relativamente cortos, en los seres vivos, en los sedimentos, etc. Cuando el ser vivo muere o el sedimento queda oculto, la actividad de los radionucleidos que contiene empieza a decrecer, dando su medida el paso del tiempo.

En resumen, los relojes atómicos han permitido al hombre construir esa ciencia de la naturaleza que es la geocronología, cuando ha aprendido a leer los registros temporales existentes en los objetos materiales.

Mientras que el número  $N$  (relativo) de átomo del «padre» decrece exponencialmente, el del «hijo» crece de forma complementaria con el tiempo, ( $T$ =período de semidesintegración).

## **¿Puede una pequeña fuente radiactiva sustituir a un laboratorio de análisis químico?**

Sí, en determinadas circunstancias; por ejemplo, en el control automático de impurezas en las materias primas aportadas a un proceso industrial, o en el análisis elemental de los estratos atravesados por un sondeo. El fundamento de estas aplicaciones analíticas se basa en la existencia de interacciones específicas de las radiaciones gamma y neutrónica con los átomos de los elementos que componen el medio material.

Y, ¿cuáles son, cabe preguntarse, estas interacciones específicas? Son las que tienen lugar con las partículas atómicas cuyos niveles energéticos son característicos de cada elemento; tal es el caso de los electrones profundos de la corteza atómica, donde se generan los rayos X; o los nucleones (neutrones y protones) que forman el núcleo atómico, donde tienen lugar las reacciones nucleares, que generan fotones gamma u otras partículas.

Pues bien, a los electrones profundos se accede mediante interacciones de la radiación gamma - efectos fotoeléctrico y de Compton-, que arrancan electrones y crean cascadas de rayos X fluorescentes, al rellenarse los huecos corticales producidos. En cuanto a las reacciones nucleares, las radiaciones que entran con suma facilidad en el núcleo atómico son los neutrones, que provocan la emisión instantánea de radiación gamma u otras partículas.

En ambos casos, para realizar estas aplicaciones analíticas, se requiere una fuente de radiación - gamma en el primer caso, y de neutrones, en el segundo- y un detector de la radiación resultante. Entre las aplicaciones analíticas de las fuentes, cabe destacar el control de azufre (impureza) en crudos petrolíferos circulando por conducciones, o el de cenizas en hullas y lignitos sobre cintas transportadoras. En cuanto a las aplicaciones analíticas de las fuentes neutrónicas, su campo dominante son los análisis de la composición elemental de materiales situados en lugares inaccesibles, tales como los sondeos de prospección de hidrocarburos (hasta 7.000 metros de profundidad), de carbón (1.000 metros) o de productos metalíferos en general (más superficiales).

Mediante estas técnicas analíticas es posible evaluar los recursos de una cuenca minera y planificar su explotación; por ejemplo, en el caso carbonífero es posible precisar el contenido de impurezas de las vetas de hulla, su espesor y profundidad, su poder calorífico, etc. Naturalmente, en estas aplicaciones concurren otras muchas tecnologías avanzadas, de naturaleza electrónica e informática, sin las cuales no sería posible analizar la composición de estratos de subsuelo, situados a varios kilómetros de profundidad desde la superficie de la corteza terrestre.

## **¿La radiografía industrial se funda en los mismos principios que la radiografía médica?**

La exploración radiográfica del cuerpo humano es de todos conocida, porque es la técnica física de mayor aplicación en medicina, y a todos nos han hecho radiografías de tórax, estómago, etc. En cuanto a la radiografía industrial, lo que se pretende es verificar, mediante rayos X o radiación gamma, la calidad de los componentes de los sistemas tecnológicos; se trata, como en el caso de la radiografía médica, de ensayos no destructivos, de modo que si la imagen radiográfica es satisfactoria, el componente pueda ser dado por

bueno, sin haber sufrido merma alguna en su integridad física.

Los principios básicos en que se basan la radiografía médica y la radiografía industrial son, naturalmente, los mismos, pues las radiaciones X y gamma no distinguen en absoluto si se trata de materia viva perteneciente a un organismo o de materia inerte perteneciente a un componente metálico de un sistema. Quien es diferente es el especialista que solicita e interpreta la imagen radiográfica, que unas veces es un conocedor de la anatomía humana, y otras, un técnico especialista en construcciones metálicas; pero ambos hacen uso del mismo principio fundamental, la diferencia de absorción que sufre todo haz de radiación en su trayectoria desde la fuente hasta el punto considerado de la placa fotográfica, en función de la composición elemental y la cantidad de materia interpuesta.

Una diferencia, no obstante, es digna de mención: mientras que el paciente acude a la sala de rayos X para la exploración médica, no siempre es posible llevar el componente del sistema tecnológico al laboratorio de radiografía industrial, por su inamovilidad; y entonces cobra excepcional importancia el uso de las fuentes gammagráficas, que son fácilmente transportables al lugar de emplazamiento del proyecto (oleoducto, puente, presa, central térmica o nuclear, etc.), para verificar in situ la calidad de su construcción. La movilidad de las fuentes y su adaptabilidad a las más diversas circunstancias son sus cualidades más apreciadas en las modernas aplicaciones tecnológicas.

### **¿Pueden las radiaciones nucleares ser utilizadas en la restauración de objetos artísticos?**

Las radiaciones nucleares (en especial la radiación gamma) tienen dos propiedades características: por un lado, son ionizantes y forman radicales libres, lo que permite utilizarlas como catalizadores de polimerización cuando actúan sobre monómeros conteniendo dobles enlaces (como los compuestos etilénicos, vinílicos, etc.); por otro lado, las radiaciones ionizantes tienen, a altas dosis, efectos biocidas; esto es, inhiben la reproducción biológica y, como consecuencia, producen la muerte celular, de lo cual se deriva su uso como agentes esterilizantes.

En una obra de arte en estado de franco deterioro (trátese de una estatua de madera, un pergamino, etc.), lo primero que hay que hacer es esterilizarla para erradicar insectos xilófagos, eliminar hongos, etc.; y, en segundo lugar, es necesario consolidarla de modo que el medio ambiente (humedad, compuestos químicos contaminantes de la atmósfera, etc.) no siga deteriorándola.

Pues bien, las propiedades anteriormente mencionadas permiten utilizar la radiación gamma para realizar ambas operaciones a la vez, la esterilización y la consolidación; para lo cual lo único que se requiere es haber impregnado la obra de arte, después de su limpieza, con una disolución monomérica que, por efecto de la radiación gamma se transformará in situ en una sustancia polimérica, la cual le dará consistencia y le protegerá de la posible acción nociva medioambiental.

### **¿Pueden descubrirse falsificaciones artísticas o históricas utilizando técnicas nucleares?**

El término de falsificación en arte o historia abarca una casuística muy amplia: autor, época, lugar, estilo, etc. Aquí se considerarán dos aspectos solamente: los relacionados con la atribución de autoría y con la datación histórica.

#### Aplicación de los isótopos en industria y tecnología

Image not found

[http://rinconeducativo.org/sites/default/files/sin\\_titulo.8jpg.jpg](http://rinconeducativo.org/sites/default/files/sin_titulo.8jpg.jpg)

??El recurso a las técnicas nucleares se basa en dos propiedades singulares de las radiaciones, que permiten:

- Realizar análisis no destructivos (o con mínima toma de muestras) para descubrir las "huellas digitales" de las obras; estas "huellas" están formadas por los elementos microconstituyentes que acompañan a la materia prima con que se realizó la obra de arte: mármol o bronce en escultura, arcilla

en cerámica, silicato en vidrio, pigmentos en numismática, etc., y que varían según los autores y las épocas.

- Fechar la época de objetos históricos o arqueológicos, mediante el decrecimiento radiactivo producido por el tiempo en determinados radionucleidos presentes en el sustrato material del objeto; tal es el caso del carbono-14, presente en su día en los vegetales y animales vivos en equilibrio con el nivel radioactivo natural del carbono, que luego darán lugar a restos fósiles de menor radioactividad; el carbono-14, sin lugar a dudas, es el radionucleido más importante (5.730 años de período de semidesintegración) para datar objetos relacionados con la historia del hombre; hay otros radionucleidos de aplicación más puntual, como el plomo-210 (de 20 años de período), que suele acompañar al albayalde utilizado en pinturas, o el tritio (de 12 años), que entra en el ciclo hídrico, permiten datar añadas de vinos, etc.

Las técnicas nucleares han permitido esclarecer la autenticidad de las obras de arte y fundamentar la cronología de la evolución de las culturas humanas sobre una base objetiva.

### **¿Sabe el lector que buena parte de los productos de uso médico se esterilizan mediante radiaciones nucleares?**

Las radiaciones ionizantes emitidas por los radionucleidos tienen la propiedad de inhibir la reproducción celular y, con ello, causar la muerte de microorganismos, insectos y, en general, de cualquier ser viviente, si la dosis de radiación aplicada es suficiente. Esta propiedad biocida de las radiaciones tiene muchas aplicaciones prácticas pero, entre todas, destaca por su importancia para la salud humana, la esterilización de productos de uso frecuente en clínica y en cirugía, donde se requiere un alto grado de asepsia; tal es el caso de productos como guantes, jeringuillas, gasas, sondas, cánulas, pipetas, recipientes, etc., y, en general, de cuantos productos son de «usar y tirar».

La gran ventaja de esta técnica reside en el poder de penetración que tiene la radiación gamma, como la emitida por el cobalto-60, que puede producir la esterilización de los productos a dosis relativamente bajas (25 kGy) una vez envasados y listos para el suministro, lo que evita toda posibilidad de recontaminación por manipulaciones previas al uso.

Desde el punto de vista económico es importante, también, el hecho de que los productos puedan ser fabricados utilizando ambientes normales, en lugar de ambientes estériles (mucho más costosos), a sabiendas que la radiosterilización posterior va a permitir alcanzar grados de asepsia mayores que los requeridos por la normativa sanitaria.

Las mencionadas ventajas han hecho que la radiosterilización haya alcanzado pleno desarrollo industrial en los países más avanzados, utilizándose para ello irradiadores de cobalto-60 (y, a veces, de cesio-137) de varios millones de curios, que permiten tratar anualmente unos 3 millones de m<sup>3</sup> de productos listos para el suministro. Con ello, la radiosterilización ha desplazado al clásico procedimiento de la fumigación con óxido de etileno, que ya ha sido prohibido en muchos países (EE.UU., Japón, Australia, y ahora en la UE), por haberse descubierto que da lugar a residuos cancerígenos, que pueden afectar a los pacientes y al personal sanitario.

### **¿Es verdad que la mayoría de los materiales plásticos se obtienen utilizando radiaciones nucleares?**

Los plásticos, de uso tan extendido actualmente, son materiales formados por polímeros orgánicos, a los que se añade algún componente secundario para darles cuerpo (aditivos de carga) o para dotarles de propiedades convenientes (coloración, flexibilidad, incombustibilidad, etc.); pero la base esencial son, como se ha dicho, los polímeros orgánicos. Y, cabe preguntarse, ¿qué son estas sustancias? Son, simplemente, compuestos orgánicos de elevado peso molecular, cuya estructura está formada por la repetición de pequeñas unidades, a lo que alude la raíz mer, del griego meros, que quiere decir parte; la sucesiva unión de estas partes se conoce

con el nombre de polimeración, y da lugar a cadenas lineales con miles de unidades (polímero).

En la naturaleza existen muchas sustancias poliméricas -celulosa, algodón, lana, proteínas y el propio ADN- cuya importancia no es necesario resaltar. Cuando el hombre descubrió la estructura de estas sustancias estuvo en condiciones de fabricarlas sintéticamente, diseñando incluso las propiedades que quería obtener. Desde este punto de vista, los polímeros obtenidos mediante el empleo de radiaciones nucleares (gamma, sobre todo) representan el grado más perfecto de consecución de materiales plásticos para cubrir los usos especiales que demanda la moderna tecnología.

El papel de las radiaciones tiene que ver con la reacción de polimerización en la medida en que crea radicales libres, que impulsan no sólo el crecimiento lineal de las cadenas poliméricas sino, también, la formación de enlaces intercatenarios (reticulación), que confieren a los polímeros propiedades especiales. Son ejemplos de materiales obtenidos por irradiación los siguientes:

- El caucho natural, obtenido por reticulación del látex sin adición de vulcanizantes (azufre, óxido de cinc, etc.), que dan residuos tóxicos; los productos son de tacto suave y se emplean en forma de guantes quirúrgicos, catéteres, etc.
- Los plásticos aislantes (cables eléctricos), que por reticulación adquieren mayor resistencia térmica y eléctrica, esenciales para las aplicaciones informáticas y de baja tensión.
- Los copolímeros por injerto, que insertan un polímero sobre un sustrato material cualquiera (papel, madera, metal u otro plástico); sus aplicaciones se extienden desde la resinificación de maderas, para usos de gran resistencia, a los recubrimientos de utensilios de cocina de teflón, o la provisión de prótesis y materiales biocompatibles.
- Finalmente, entre otras muchas aplicaciones, las nuevas formas galénicas de los medicamentos (enzimas, anticuerpos, etc.), confinándolos en membranas plásticas de las que difunden lentamente, proporcionando así una biodisponibilidad continua y regulada del fármaco. Como se ve, las radiaciones nucleares tienen múltiples aplicaciones, y son muchos los materiales y utensilios que se fabrican sacando partido a sus propiedades positivas.

## **¿Podrían las radiaciones nucleares contribuir a que desaparezca el hambre en el mundo?**

Las radiaciones nucleares, especialmente la radiación gamma, tienen una aplicación de gran alcance para la humanidad, que es la conservación de alimentos por irradiación, en la que se saca partido a la propiedad esterilizante de las radiaciones (destrucción de microorganismos) y, también, al retardo enzimático de la maduración de frutas, inhibición de la germinación de semillas, etc.

La irradiación es un procedimiento más en el acondicionamiento de alimentos, que viene a sumarse al largo repertorio de los ya existentes - cocción, congelación, refrigeración, deshidratación, envasado al vacío, fermentación, salado, ahumado, adición de preservantes químicos, etc.-, cada uno de los cuales tiene su ámbito propio de aplicación, si bien nada impide que se emplee una combinación de ellos, como en nuestro caso la irradiación de alimentos congelados, desecados o envasados al vacío, etc., o la aplicación de los procedimientos culinarios normales a los alimentos irradiados; por otro lado, las autoridades sanitarias están prohibiendo el uso de los preservantes químicos (bromuro de metilo, dibromoetileno, etc.), cuyo hueco está siendo ocupado (o puede serlo en un futuro próximo) por la irradiación con fotones gamma del cobalto-60.

La irradiación de alimentos tiene actualmente dos vertientes principales de desarrollo; la reducción de las pérdidas de alimentos tras su recolección, y la mejora de la calidad sanitaria de los alimentos en general.

En cuanto a la reducción de pérdidas, pueden citarse los casos siguientes:

- La irradiación de fruta fresca, para eliminar insectos (mosca de la fruta, sobre todo), que causan verdaderos estragos en más de un centenar de variedades de frutas durante su almacenamiento, a la vez que se retrasa el proceso de maduración, prolongando la vida comercial útil.

- La destrucción de larvas en cereales, legumbres y semillas, que devoran, en su fase de gorgojo, grandes cantidades de las reservas almacenadas.
- La inhibición de la brotación en bulbos y tubérculos (patata, cebolla, ajo, etc.), que detiene el proceso germinativo espontáneo de estos productos.

En los países del Tercer Mundo se estima que se pierden entre el treinta y el cincuenta por ciento de los alimentos recolectados.

La otra vertiente tiende hacia el cumplimiento de especificaciones microbiológicas, cada vez más estrictas, en los alimentos, que muchas veces son portadores de cantidades inaceptables de gérmenes patógenos (salmonella, triquina, campylobacter, etc.); también, se aplica la irradiación a la higienización de especias (sobre todo, para la fabricación de embutidos), y en la preparación de dietas especiales para enfermos con escasas defensas inmunológicas. En cuestión de higiene alimentaria queda mucho camino por recorrer, incluso en los países más desarrollados, donde anualmente una de cada dos personas padece algún episodio infeccioso transmitido por vía alimentaria.

La conservación de alimentos por irradiación encierra un gran potencial para remediar el problema del hambre en el mundo, pero el nivel de desarrollo tecnológico y cultural del Tercer Mundo impide, hoy por hoy, beneficiarse de esta técnica.

### **¿Se induce radiactividad en la conservación de los alimentos por irradiación?**

En el sector de la alimentación, algunas autoridades nacionales, algunos empresarios industriales y algunos consumidores asocian la irradiación de alimentos con la inducción de radiactividad en los mismos, con la pérdida de poder nutritivo, y con posibles riesgos a largo plazo producidos por el consumo continuado de estos productos; esto, sin contar con la fuerte oposición de determinados grupos pseudoecologistas, que creen que toda técnica relacionada con lo nuclear es intrínsecamente rechazable.

Por lo tanto, la irradiación de alimentos cuenta, de entrada, con un ambiente muy desfavorable para su despliegue industrial, paso imprescindible para mejorar la calidad de la alimentación en general y el problema del hambre en el mundo, en particular. Esta singular situación ha motivado, desde hace años, el desarrollo de extensos planes de investigación sobre alimentos irradiados, coordinados por las Organizaciones de las Naciones Unidas -FAO, OMS, OIEA y la Comisión del Codex Alimentarius- en virtud de su doble misión, tanto de promover el desarrollo como de remediar los problemas más urgentes en las poblaciones más desfavorecidas.

El problema de la inducción de radiactividad tiene un remoto fundamento científico, que se suma a una actitud de desconfianza radicalizada hacia los científicos y las instituciones oficiales. En efecto, qué duda cabe, que irradiando alimentos, o cualquier otro material, con radiaciones dotadas de suficiente energía induciremos reacciones nucleares, y que éstas producirán átomos radiactivos. Por ello, se especifican en los procedimientos de buena práctica, autorizados por la Comisión del Codex Alimentarius, que:

- La radiación gamma, utilizada en la irradiación de alimentos, deberá tener energía inferior a 5 MeV, lo que garantiza la ausencia de reacciones nucleares en los elementos componentes de los alimentos.
- Los electrones acelerados, que se emplean como alternativa, deberán tener energía inferior a 10 MeV, porque tales electrones no pueden inducir - indirectamente, a través de la radiación gamma de frenado- reacciones nucleares en proporción significativa.

Por lo tanto, las ciencias nucleares y las instituciones reguladoras han previsto las salvaguardias tecnológicas necesarias para prevenir la inducción de radiactividad; es más, basta con que la radiación gamma utilizada proceda de fuentes isotópicas (como el cobalto-60), para que las condiciones previstas se cumplan automáticamente, porque no hay radionucleidos que emitan fotones gamma por encima de unos 3 MeV.

Actualmente, medio centenar de países (los más desarrollados) han autorizado la irradiación de alimentos

para el consumo público, condición imprescindible para que pueda existir un comercio internacional de los mismos. En parte, también, esta lentitud de penetración comercial es debida al carácter enormemente conservador de la industria alimentaria, que no arriesga inversiones mientras no se hayan allanado todos los escollos reglamentarios y se haya informado correctamente al público, para que éste quede predispuesto para su aceptación.

## **¿Por qué los isótopos radiactivos son tan útiles en la investigación científica de la naturaleza?**

La naturaleza está constituida, en su versión más simple, por los átomos representativos de los elementos químicos que figuran en la Tabla Periódica. Pero, como es bien sabido, cada elemento puede estar formado por varias clases de átomos isotópicos, esto es, por átomos que teniendo el mismo número atómico difieren en sus números másicos. Con ello, resulta que el átomo representativo de un elemento es un átomo ficticio, que representa a una mezcla de isótopos; habitualmente esta mezcla es la de los isótopos estables (y radioactivos de larga vida, si los hay) con que se presenta el elemento en la naturaleza, pero ello no excluye que el mismo elemento se pueda presentar con gran variedad de composiciones isotópicas distintas, sobre todo, después de que el hombre aprendiera a enriquecer isotópicamente los elementos químicos y a transmutarlos mediante las reacciones nucleares, creando radisótopos no existentes previamente en la naturaleza.

Cuando se quiere disponer de una nueva representación, más acorde con la existencia de los isótopos de los elementos, es necesario olvidarse de la simplicidad de la Tabla Periódica y recurrir a la llamada Tabla Nucléidica. De hecho, ahora se conocen unas 2.000 clases de átomos distintos (nucleidos); sólo unos 300 de estos nucleidos son estables, y con ellos la naturaleza ha conformado la composición isotópica de los elementos naturales; los 1.700 restantes son radiactivos (radionucleidos), y han sido creados por el hombre mediante la investigación y la tecnología nucleares. Estos radionucleidos son, obviamente, isótopos radiactivos de los elementos conocidos y, puede afirmarse, que no hay ningún elemento del que no se conozcan varios de estos isótopos.

La existencia de los isótopos radiactivos es de gran importancia empírica, y ha dado lugar a que todo elemento químico pueda presentarse en dos versiones; una, la "estable", formada exclusivamente por isótopos estables (valga la redundancia); y otra, la de radioelemento, en la que por lo menos uno de sus isótopos es radiactivo. Por supuesto, todo radioelemento es efímero y deviene con el tiempo su forma "estable", pero, mientras esto sucede, el radioelemento es, por identidad química, trazador del elemento estable correspondiente. Naturalmente, en aquellos casos de elementos que no tienen ningún isótopo estable, como el radio, uranio, torio, plutonio, etc., ellos mismos son permanentemente radioelementos, que trazan de forma espontánea sus caminos en la naturaleza.

El trazado de los elementos químicos, en conclusión, mediante sus respectivos radioelementos es un hecho de suma importancia, porque nos permite visualizar, con auxilio de un detector, los caminos que los elementos siguen en los sistemas físicos, químicos y biológicos en los que intervienen. El recurso a los isótopos radiactivos (desde hace varias décadas) ha tenido, por lo tanto, carácter paradigmático para la investigación científica de la naturaleza, en la medida en que ha permitido esclarecer la mayor parte de los mecanismos evolutivos o de transformación de los sistemas materiales.

## **¿Cuáles son las principales aplicaciones de los trazadores radiactivos?**

Todo isótopo radiactivo puede ser utilizado como trazador radiactivo del elemento químico al cual pertenece. La única condición exigible es que el isótopo radiactivo esté formando parte de la misma entidad química que el elemento en cuestión; ello obliga, en muchos casos, a realizar operaciones químicas específicas, que se conocen con el nombre de marcado. Hoy en día, existen catálogos comerciales de compuestos marcados como, por ejemplo, benceno con tritio sustituyendo al hidrógeno, o con carbono-14 sustituyendo al carbono estable; evidentemente, este benceno marcado se comporta del mismo modo que el

benceno normal, y se utiliza como su trazador radiactivo en múltiples problemas de investigación de química orgánica.

A continuación se citan algunos ejemplos del empleo de los trazadores radiactivos en distintas disciplinas:

- **Agricultura:** Se pueden estudiar las relaciones nutriente-suelo-planta, con especial referencia a oligoelementos, abonos, insecticidas, etc.
- **Biología:** Se pueden determinar pequeñísimas concentraciones de enzimas, hormonas, drogas, venenos, etc., mediante la técnica de radioinmunoanálisis (RÍA), que hace uso de la especificidad de las reacciones antígeno-anticuerpo.
- **Cronología:** Se pueden fechar acontecimientos geológicos e históricos, mediante el estudio de los radionucleidos que actúan como relojes atómicos.
- **Farmacología:** Se puede estudiar el metabolismo de los fármacos, antes de autorizar su uso público, y de los metabolitos y reacciones secundarias a que dan lugar.
- **Hidrología:** Se pueden medir caudales de ríos y de alimentación de turbinas, o fugas en pantanos, dinámica de sedimentos, etc.
- **Medicina:** Se puede diagnosticar la enfermedad mediante el uso de radiofármacos que visualizan el estado funcional de órganos específicos: cerebro, tiroides, corazón, pulmón, esqueleto, etc., o localizando abscesos y metástasis.
- **Minería:** Se puede medir la radiactividad natural del uranio, torio y potasio en los sondeos de prospección, lo que da información respecto a los minerales asociados a estos radioelementos.

Como puede observarse, el empleo de los trazadores radiactivos, proporciona valiosa información en todos los dominios de las ciencias naturales.

### **¿Qué es el análisis por activación?**

Es una técnica de identificación y cuantificación de los elementos constituyentes de una sustancia, que se basa en la medida de los radionucleidos que se forman (activación) al irradiar una muestra representativa de la misma.

Esta técnica puede practicarse utilizando diversas partículas elementales (fotones, protones, neutrones, partículas alfa, etc.), pero la modalidad que más importancia ha adquirido es la que utiliza los neutrones (activación neutrónica), por ser estas partículas muy abundantes en las proximidades del núcleo de un reactor o fáciles de obtener mediante fuentes neutrónicas, como las de americio-berilio, etc. Por otro lado, los neutrones son partículas constituyentes del núcleo atómico, que entran en él con suma facilidad, dando lugar a radisótopos emisores de radiación beta y, a veces, de radiación gamma, que es la que se usa habitualmente para la medida de los radionucleidos formados.

La característica fundamental del análisis por activación es su gran sensibilidad, por lo menos para determinados elementos, como el sodio, magnesio, cloro, potasio, manganeso, cobalto, uranio, etc., que pueden ser determinados aun en concentraciones muy bajas, inferiores a una parte por millón (1 ppm), lo que sería difícil o imposible mediante otras técnicas.

Le sigue en importancia, como característica valiosa también, el hecho de que el análisis por activación pueda ser utilizado como ensayo no destructivo, conservando el objeto analizado su integridad física, con la única salvedad de que un número ínfimo de sus átomos estables se han transformado en radiactivos; pero ello no tiene mayor importancia, porque la radiactividad inducida decae, por lo general, muy rápidamente y el objeto recobra en poco tiempo su condición estable original.

Entre las aplicaciones específicas del análisis por activación, cabe destacar la cuantificación de impurezas en los materiales tecnológicos (control de calidad) y de elementos microconstituyentes en objetos valiosos (artísticos, históricos, etc.), para identificar su origen o época, y en meteoritos y rocas extraterrestres, en búsqueda de conexiones cosmoquímicas.

## ¿Qué son los generadores isotópicos de electricidad?

Son artificios que contienen un radionucleido, herméticamente confinado en una cápsula metálica, cuyas radiaciones son absorbidas íntegramente en las paredes de la misma. Por lo tanto, la cápsula es equivalente a una pequeña fuente de calor, ya que ésta es la forma en que se manifiesta finalmente la energía de las radiaciones. A esta fuente calorífica se acopla un circuito formado por termopares (entre un punto caliente y otro frío, efecto de Peltier), para generar una corriente eléctrica, como la de una pila galvánica, pero de mucha mayor duración, si el radionucleido es de período largo.

Los radionucleidos que se emplean son siempre emisores alfa, porque esta radiación se detiene en las primeras micras de las paredes de la cápsula (habitualmente, de acero inoxidable). Se usan, preferentemente, el plutonio-238, de 88 años de período de semidesintegración, y el curio-244, de 18 años, que pueden proporcionar potencias eléctricas del orden del vatio por gramo de material radiactivo confinado, durante varios años.

Las aplicaciones de los generadores isotópicos, que como se ve proporcionan potencias muy pequeñas, se reservan para usos muy especiales, como:

- Marcapasos, implantados subcutáneamente para regular el ritmo cardíaco, requiriéndose potencias muy pequeñas, del orden de los microvatios; están siendo desplazados modernamente por las baterías de litio de larga duración (10 años).
- Pilas de uso remoto, reducida potencia (vatios), para alimentar aparatos de observación y transmisión de señales en lugares, terrestres o marinos, inaccesibles (sin mantenimiento posible).
- Las pilas de navegación espacial, de potencia en el orden de los kilovatios, para alimentar la instrumentación de satélites terrestres y de sondas planetarias; en este caso las pilas se referencian con las siglas inglesas SNAP-X de Space Nuclear Auxiliary Systems, seguidas de X (un número entero), que si es impar indica que la energía procede de un generador isotópico, y si es par, de un pequeño reactor nuclear. Con los SNAPs se ha explorado el sistema solar -misiones Apollo, Pioneer, Voyager, etc.- y, en algunos casos, se han depositado pequeños observatorios en los planetas próximos, que transmiten información a la Tierra.

## ¿Cuándo se formó la Tierra?

Desde un punto de vista provinciano del universo, cual pueda serlo el de un habitante de un planeta del sistema solar, el tiempo cósmico se divide en dos grandes tramos: la etapa presolar, que se corresponde con el tiempo transcurrido desde que tuvo lugar aquel fantástico estallido originario, el Big Bang, por el que se creó un universo de galaxias en expansión; y la etapa solar, en la que una pequeña parte de la materia de nuestra galaxia -la Vía Láctea- se separó y concretó en el Sol, los planetas y los meteoritos.

La etapa solar se considera, a su vez, que tiene dos partes: una, el intervalo de transición entre el estado nebuloso inicial y la formación de los compuestos químicos que constituyen los planetas y meteoritos, a la que se le asigna una duración de unos 100 Ma; y otra, desde el final del intervalo de transición hasta nuestros días, que es el lapso de tiempo que constituye la edad de la Tierra.

## Aplicación de los isótopos en industria y tecnología

Image not found

[http://rinconeducativo.org/sites/default/files/sin\\_titulo34.jpg](http://rinconeducativo.org/sites/default/files/sin_titulo34.jpg)

Falta aún por referir un evento muy importante conocido con el nombre de «Último Minuto» de la nucleosíntesis, en el que se formaron por última vez elementos químicos de número atómico elevado, que luego pasarían a formar parte de la materia de nuestro sistema solar; este "Último Minuto" de la creación de elementos tuvo lugar justamente antes de iniciarse el intervalo de transición, y fue promovido, con casi plena seguridad, por una explosión supernova -etapa postrera de la nucleosíntesis estelar- como las que ahora observan los astrónomos en otras galaxias del universo. Pues bien, en este "Último Minuto" se pusieron en marcha los relojes atómicos, con los cuales se ha podido medir el intervalo de transición y la edad del Sistema Solar, considerada ésta común para todos sus componentes y, por lo tanto, equivalente a la edad de la Tierra, que se ha determinado que es de unos 4.550 Ma.

### ¿Cómo se ha determinado la edad de la Tierra?

La edad de la Tierra se ha medido utilizando los relojes atómicos contenidos en los materiales más primitivos del Sistema Solar a los que se ha tenido acceso, como son:

- Las rocas terrestres más antiguas.
- Las rocas lunares traídas por americanos y soviéticos.
- Los meteoritos que la Tierra intercepta en su deambular alrededor del Sol.

Dos han sido las clases de relojes utilizados: unos, con «poca cuerda», que se pararon mientras transcurría el intervalo de transición y otros, con «mucho cuerda», que han llegado en marcha hasta nuestros días. Los prototipos de estos relojes son los siguientes:

- El reloj de yodo-129, que impulsado por este radionucleido decae con un período de 17 Ma a xenón-129 (estable), y que permite medir lapsos de tiempo del orden de los cien millones de años. Las lecturas de este reloj pueden hacerse en los meteoritos que, por ser cuerpos celestes muy pequeños, se enfriaron inmediatamente después de su formación; así se ha observado por el xenón-129 acumulado, que todos los meteoritos se formaron durante el intervalo de transición, unos, como el meteorito Allede, en el inicio mismo del intervalo, y otros, como el meteorito Guareña (por citar sólo nombres hispanos) unos 100 Ma después (como más tarde). En el ínterin de la transición se piensa que se formaron también los planetas, por acreción gravitatoria de pequeños asteroides; pero esto ha sido conocido, en parte, con el concurso de los relojes de «mucho cuerda», cuyo prototipo se cita a continuación.
- El reloj de rubidio-87, que impulsado por este radionucleido decae, con un período de unos 50.000 Ma, a estroncio-87 (estable), el cual se acumula en todo mineral que contenga rubidio; los datos aportados por diversos meteoritos confirman la linealidad de esta acumulación temporal de estroncio-87, lo que permite extrapolar los resultados al tiempo cero, del inicio del intervalo de transición. Ello ha sido ratificado haciendo uso de otro reloj de la misma clase, el de uranio-238, que decae con un período de 4.507 Ma, para dar plomo-206 (estable).

En resumen, utilizando distintos relojes atómicos, ha sido posible determinar que la edad de la Tierra (y del Sistema Solar en su conjunto) es de 4.550 Ma, y que su formación requirió un intervalo de transición, entre la nébula galáctica y la concreción de los planetas, de unos 100 Ma.

??

### ¿Qué función cumplen los detectores de radiación?

Es bien sabido que el hombre no tiene capacidad perceptiva para las radiaciones alfa, beta, gamma,

neutrónica, etc.; por lo tanto, para el hombre es como si las radiaciones nucleares no existieran. Los detectores de radiación son artificios creados para suplir esta carencia sensorial, mediante la transformación de las interacciones de la radiación con la materia en señales perceptibles por el hombre, o por instrumentos (contadores) a los que se encarga que lleven la cuenta de las mismas.

¿Qué interacciones se aprovechan con este fin? Las ionizaciones y excitaciones moleculares, que son las formas más elementales de la interacción radiación-materia; para ello, se selecciona cuidadosamente el material sensible del detector, según la naturaleza de la radiación- problema, y la forma de medir las cargas eléctricas producidas en la ionización tras la excitación. Estos tres requisitos -material, radiación y medición- dan lugar a un gran número de posibles detectores, de los cuales, los más utilizados son los pertenecientes a las siguientes clases:

- Los detectores de ionización gaseosa, que, bajo la acción de un campo eléctrico, colectan las cargas formadas en un gas, dando lugar a una corriente (cámara de ionización) o a impulsos discretos (contadores proporcionales y de Geiger-Müller); estos detectores son útiles en la metrología de todas las radiaciones.
- Los detectores de centelleo que, provistos de un fotomultiplicador, ven los destellos de luz emitidos por sustancias fosforescentes al paso de la radiación; hay cristales de centelleo, adecuados para la metrología de la radiación gamma, y líquidos de centelleo, para las radiaciones alfa y beta.
- Los detectores de estado sólido, que, dotados de cristales de elementos semiconductores -diamante, silicio o germanio-, se vuelven conductores a bajas temperaturas por efecto de la radiación, dando lugar a impulsos clasificables por tamaños, mediante analizadores multicanales; estos detectores son el fundamento de la espectrometría gamma de alta resolución, que permite analizar mezclas complejas de radionucleidos, sin necesidad de separaciones radioquímicas previas.

En esta breve descripción de las principales clases de detectores se habrá podido apreciar la función protésica que los detectores tienen para el hombre, dándole cobertura instrumental a su carencia sensorial en el ámbito de las radiaciones nucleares. Con el concurso de los detectores se ha construido todo el conocimiento del mundo subatómico que ahora se posee.

?

## **¿Sabes que las radiaciones nucleares se emplean en la mejora de cultivos agrícolas?**

Actualmente la alimentación humana está basada en el cultivo de unas pocas especies vegetales, que han sido el resultado de unos diez mil años de prácticas agrícolas, encaminadas a la selección de las variedades más adecuadas para satisfacer las necesidades alimentarias del hombre.

Se sabe, desde principios de siglo, que la variabilidad de las especies es consecuencia de las mutaciones génicas que se producen espontáneamente en las plantas; esto es, de pequeñas variaciones en alguno de los muchos genes -del orden de cien mil- que definen los caracteres de una especie vegetal. Estas mutaciones espontáneas tienen, no obstante, un ámbito muy limitado de aplicación, porque su frecuencia de aparición es muy baja, ya que son debidas a las radiaciones del fondo radiactivo natural o compuestos químicos mutágenos existentes en el medio ambiente. A ello se une el hecho de que las mutaciones son de naturaleza aleatoria y modifican los caracteres de las plantas al azar, tanto mejorándolos como empeorándolos. Las prácticas agrícolas tradicionales lo que hicieron fue, en definitiva, seleccionar pacientemente las variantes que iban apareciendo y que presentaban modificaciones de aspecto positivo, esto es, con mayor resistencia a las condiciones climáticas, a los gérmenes patógenos, a las plagas, etc., o con mayor contenido en sustancias tróficas (proteínas, grasas, azúcares, etc.).

Ahora que se dispone de un amplio repertorio de fuentes de radiación, el uso eficiente de las mutaciones nos invita a la inducción artificial de las mismas en las especies más prometedoras, con el fin de abreviar el lento proceso evolutivo natural, pasando de los milenios de la agricultura consuetudinaria a simples decenios; porque, si bien es fácil aumentar la tasa de mutaciones, es necesario pasar por la fase de expresión de las

mismas, que son los cultivos de las plantas resultantes, sobre los cuales hay que realizar la selección de las variedades ventajosas, lo que conlleva unos años de experimentación.

Afortunadamente, hoy día son muchos los centros de investigación dedicados a la selección génica de semillas, y entre los años 1970 y 1990 se han introducido más de un millar de cultivos, especialmente en el sector de los cereales, que cubren ahora grandes extensiones agrarias en los países con mayores problemas demográficos (China, India, Japón, etc.).

La selección génica de los cultivos agrícolas es la verdadera «revolución verde» que necesita la humanidad, de la cual estamos aún en sus inicios. El cultivo in vitro de plantas (reproducción clonal rápida), recientemente desarrollada y la biotecnología (transferencia dirigida de genes entre especies diferentes), que ha conseguido sus primeros éxitos, son los grandes pilares en que se apoyará el futuro desarrollo agroalimentario.

## **¿Sabías que las radiaciones nucleares se emplean en la erradicación de plagas agrícolas?**

A pesar del prolongado empleo de potentes insecticidas durante décadas, todavía se pierden del orden del 20 por ciento de las cosechas agrícolas, destruidas por las plagas de insectos. Si a ello se une que las moscas y mosquitos son transmisores de enfermedades, es fácil concluir que los insectos son responsables de buena parte de las carencias alimentarias y de la calidad de vida de la especie humana. Afortunadamente, en los últimos años se viene aplicando con éxito una técnica de esterilización de insectos para controlar las plagas más devastadoras.

La técnica en sí misma es muy sencilla: se producen masivamente insectos en factorías, que se esterilizan sexualmente con dosis del orden de 100 Gy de radiación gamma de cobalto-60; los insectos tratados se sueltan de forma programada en la naturaleza, donde se aparean, sin consecuencias, con los insectos nativos, con lo que la población de la plaga disminuye hasta el extremo de poder ser erradicada. A continuación, se dan algunos ejemplos de aplicación de esta técnica:

- La mosca del gusano barrenero pone huevos en las heridas de los animales de sangre caliente, donde se desarrollan parasitariamente sus larvas, que penetran en los tejidos, produciendo gran sufrimiento e, incluso, la muerte del animal. La plaga ha sido erradicada ya en América del Norte, donde continúa en plena producción una factoría para controlar la peste en la región caribeña. También se ha iniciado la lucha contra esta mosca en los países del Magreb, que sufrieron una contaminación accidental en 1988.
- La mosca tsetsé, que es el vector de propagación del parásito causante de la enfermedad del sueño (tripanosomiasis), afecta en el África tropical a una superficie mayor que la de 20 veces España, donde la ganadería está totalmente arruinada; el problema de la erradicación es muy complejo, no solo por su extensión, sino porque la denominación tsetsé comprende por lo menos 30 subespecies, que requieren el desarrollo de otras tantas variedades de insectos estériles, y un programa coordinado que implica a 36 Estados diferentes.
- La mosca de la fruta (o mosca mediterránea), que es una de las plagas más dañinas para los cultivos frutales a nivel mundial; parece que es originaria del sudeste africano, pero se ha propagado a la cuenca mediterránea y de aquí a otros continentes. La lucha con los insectos estériles, combinada con insecticidas, se ha iniciado ya en varios países con buenos resultados, pero la técnica está siendo perfeccionada en el sentido de eliminar las hembras en el proceso de crianza en las factorías, porque las hembras estériles siguen teniendo el instinto de poner sus huevos en la pulpa de la fruta, con lo que se abren vías de infección para otros gérmenes patógenos y, porque distraen inútilmente la atención sexual de los machos estériles.
- La oruga lepidóptera, que defolia grandes extensiones arbóreas, sobre todo en EE.UU.; en este caso, se está ensayando una variante llamada F1 o de esterilidad heredada, consistente en la irradiación a menor dosis en la fase de mariposa, que si bien es suficiente para esterilizar a las hembras, solamente es eficaz en un 30 a 60 por ciento de los casos en los machos. Tras la suelta, las hembras que se aparean con machos nativos no dan lugar a la descendencia, y los machos que lo hacen con hembras

nativas dan lugar a una descendencia reducida, cuyos individuos son, además, totalmente estériles; con lo que se interrumpe definitivamente la cadena reproductora.

Como se ha visto con los ejemplos reseñados, las radiaciones nucleares tienen aplicaciones beneficiosas para la erradicación de las plagas, haciendo innecesario el uso de insecticidas, que están produciendo una peligrosa contaminación química de la biosfera.

?

---

**Source URL:** <http://rinconeducativo.org/es/recursos-educativos/aplicacion-de-los-isotopos-en-industria-y-tecnologia>