



## USOS PACÍFICOS DE LA ENERGÍA NUCLEAR I

Ing. Aída Contreras Ramírez  
Facultad de Ciencias  
Universidad Autónoma del Estado de México.  
Unidad Académica el Cerrillo, Piedras Blancas, A.P. 2-139, C.P. 50000.  
Toluca Estado de México.  
contraida@yahoo.com.mx

En la actualidad la energía nuclear encuentra amplia aplicación en diversas áreas de la ciencia y la tecnología: en las industrias de proceso químico, metalúrgico, de procesamiento de minerales metálicos y no metálicos y de conformación de materiales, en la industria petrolera, hidrología isotópica, en medicina, biología y agricultura entre otras.

### Principales usos de los radisótopos en la industria

Los radiotrazadores son sustancias químicas que emiten radiactividad lo que permite detectar su difusión en cualquier medio o sistema. Un radiotrazador se incorpora en pequeñas cantidades, en materias involucradas en los procesos para detectar su movimiento, con lo cual se deduce el comportamiento dinámico del material en estudio.

Las características generales que han hecho importantes a las técnicas de radiotrazadores son: gran sensibilidad, información inequívoca y el hecho de no ser afectados en condiciones extremas, tales como alta temperatura, presión, materiales corrosivos, escala de los procesos, entre otras.

Entre las industrias que emplean dentro de su proceso técnicas con radiotrazadores podemos mencionar las siguientes:

**Industria de metales no ferrosos.-** Para controlar el revestimiento de metales, como el galvanizado o el revestimiento de las láminas de acero con estaño. Un exceso de material resulta caro; un revestimiento insuficiente puede provocar una corrosión temprana. Gracias al empleo de medidores radioisotópicos, los procesos de revestimiento pueden controlarse para que se ciñan a límites muy estrictos, con lo cual puede ahorrarse hasta un 10% del material (cinc, estaño), y se reducen los rechazos debidos a la existencia de partes insuficientemente revestidas.

**Industria automotriz.-** El diseño de un nuevo motor, exige la realización de pruebas de desgaste. Las pruebas pueden realizarse con la técnica de activación de superficies, en la cual solo se activa un fino recubrimiento de la parte a analizar, bombardeándola con iones provenientes de un acelerador. Esta técnica garantiza una alta sensibilidad y requiere únicamente pequeñas cantidades de material radiactivo. Como ejemplos prácticos podemos citar las pruebas de desgaste que se realizan en la elaboración de las camisas de los cilindros y los asientos de los cojines.

Además del ahorro, existen otras ventajas al utilizar radisótopos, todas las pruebas pueden realizarse sin desarmar el motor, lo que permite obtener resultados más exactos y con un ahorro de tiempo.

**Investigación de procesos.-** En las industrias, una de las principales aplicaciones de los radiotrazadores tiene que ver con la investigación del tiempo de residencia, lo que nos lleva al conocimiento de importantes parámetros, útiles para la optimización, elaboración de modelos y automatización de la planta.

Los experimentos con trazadores pueden realizarse para descubrir desviaciones de las condiciones óptimas. A menudo se encuentran las razones de los desperfectos,

como desvíos indeseados de las corrientes, u obstrucción de vasijas y cañerías que pueden causar alteraciones del flujo o la aparición de zonas muertas.

Los principales usos de los radisótopos se pueden mencionar a continuación:

**Fuentes luminosas.-** Las bombillas de vidrio llenas de pintura luminiscente y gas de tritio, se utilizan como fuentes luminosas durables y a prueba de fallos, para señales de emergencia en aviones y edificios públicos. Formas miniaturizadas de esas bombillas luminosas, se emplean para iluminar las pantallas de cristal líquido de los relojes digitales.

**Inducción de reacciones químicas.-** Las radiaciones pueden inducir ciertas reacciones químicas convenientes por ejemplo:

**Producción de plásticos.-** Pueden emplearse para la fabricación de plásticos o el injerto de plásticos en otros materiales.

**Elaboración de materiales absorbentes.-** Recientemente salió al mercado un material “súper absorbente” fabricado con técnicas de injerto por radiaciones. Este material es capaz de absorber y retener grandes cantidades de líquido.

**Descomposición de desechos sépticos o venenosos.-** Las radiaciones han comenzado a utilizarse para descomponer desechos sépticos o venenosos. Algunas ciudades irradian los residuos humanos.

### **Aplicación de las radiaciones en la exploración petrolera**

Una de las aplicaciones tradicionales en este ámbito emplea una fuente emisora de neutrones. Esta fuente se hace descender dentro del pozo de exploración petrolera montada en una *sonda*, que también es portador de detectores de radiación gamma y de neutrones lentos, ver figura 1.

Los neutrones rápidos de la fuente son reflejados fuertemente por el hidrógeno circundante, el cual pertenece a las moléculas de agua y de hidrocarburos del petróleo. Como el átomo de hidrógeno es muy liviano (comparado con los demás átomos), el neutrón se frena con cada choque, perdiendo velocidad. Esto se aprovecha con el detector de neutrones lentos, que permite afirmar que la cantidad de neutrones lentos contados en un tiempo dado, es indicativa de la cantidad de agua y petróleo en la formación geológica que rodea a la sonda.

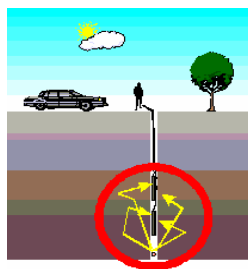


Figura 1. Empleo de fuente de neutrones en la prospección petrolera

El detector de radiación gamma resuelve cuánto oxígeno y cuánto carbono hay presente, a través de los gamma que emiten estos átomos al ser excitados por los neutrones rápidos, y así contribuir a averiguar la proporción presente agua / hidrocarburo.



### **Hidrología isotópica**

La hidrología isotópica aprovecha la presencia de trazas de isótopos de hidrógeno y oxígeno, en las moléculas de agua ( $^2\text{H}$ ,  $^3\text{H}$  y  $^{18}\text{O}$ ). Como el fraccionamiento de estas trazas es función de los cambios de fase del agua durante el ciclo hidrológico, es posible monitorear el movimiento de aguas a escala regional.

### **Análisis por activación neutrónica (AAN)**

El Análisis por Activación Neutrónica es un método nuclear que permite medir las concentraciones de los diferentes elementos de que está compuesta una muestra.

Este método consiste en lograr que algunos de los átomos presentes en la muestra se vuelvan radiactivos mediante la captura de un neutrón. Posteriormente se mide la radiación que emiten al decaer a un estado estable.

No todos los núcleos activados decaen de la misma forma: el período de desintegración (vida media) puede variar desde pocos milisegundos hasta decenas de años dependiendo del núcleo en cuestión, el tipo y la energía de la radiación que emiten al decaer.

El AAN permite medir la concentración de los diversos elementos en forma simultánea, no es destructivo, permite analizar masas, desde 0.1 mg a 1 g aproximadamente, no es necesario el agregado de reactivos químicos, con lo que se minimiza la probabilidad de contaminación.

Esta técnica nuclear se emplea para determinar concentraciones muy bajas de metales en tejidos biológicos, en la caracterización de muestras arqueológicas y aleaciones de plomos de balas, cabellos y origen de diferentes sustancias, determinación de distancias de disparo y casos de envenenamiento, entre otros.

### **Aplicaciones en medicina**

A fin de investigar en el cuerpo un proceso biológico, o el funcionamiento de un órgano, es necesario escoger cuidadosamente el radionuclido y la forma química que ha de administrarse al paciente. Esas preparaciones de radionuclidos se llaman radiofármacos. Para minimizar la dosis de radiación que se administra al paciente al utilizar radiofármacos para diagnóstico, se emplean radioisótopos de actividad baja o muy baja. Estos radioisótopos se descomponen en elementos estables en minutos o algunas horas.

**Cardiología nuclear.-** Al aplicar a la sangre un radiotrazador se puede conocer el volumen que este ocupa en el corazón, y los cambios de volumen de la sangre cuando el corazón se contrae.

Una forma de diagnóstico consiste, en inyectar un compuesto marcado con tecnecio-99m (los compuestos marcados también son conocidos como "radiofármacos" o "radiomoléculas") en el torrente sanguíneo, aplicando luego un método analítico conocido como TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE EMISIÓN DE FOTONES SIMPLE (SPECT). Una cámara gamma rotatoria mide la radiactividad a intervalos cortos, facilitando con ayuda de una computadora, un cuadro reconstruido que permite al médico determinar que porción del músculo cardíaco no tiene sangre, ver figura 2.

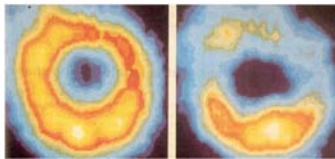


Figura 2. Diagnostico de problemas del corazón

**Tomografía por emisión de positrones (PET).**- Con la ayuda de un ciclotrón (acelerador de partículas) se produce un elemento radiactivo que es emisor de positrones, este elemento se une a un compuesto químico para producir una radiomolécula, una de las más utilizadas es la glucosa marcada con flúor-18, llamada fluorodeoxiglucosa. Esta radiomolécula se administra en una dosis apropiada al paciente por medio de una inyección, una vez que la radiomolécula se ha concentrado en el lugar que se requiere, se recopilan los datos en la cámara de tomografía por emisión de positrones, se aplican algoritmos matemáticos a éstos datos para reconstruir las imágenes y finalmente se interpretan los resultados bidimensionales o tridimensionales, ver figura 3.

La interacción de los positrones con un electrón forman un sistema parecido al átomo de hidrógeno, denominado positronio enseguida éste se aniquila y produce dos fotones de una energía de 511 keV, que salen en direcciones opuestas. Estos fotones son los que detecta la cámara.

Los emisores de positrones más utilizados son los siguientes:  $^{11}\text{C}$ ,  $^{13}\text{N}$ ,  $^{15}\text{O}$  y  $^{18}\text{F}$ . Algunas de las virtudes del PET son su facultad para medir el flujo sanguíneo, el metabolismo del oxígeno, la síntesis de proteínas, la actividad enzimática, el metabolismo de glucosa, la densidad de receptores, caracterizar enfermedades a nivel molecular entre otras.

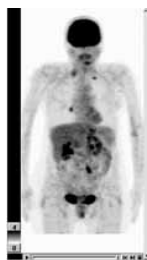


Figura 3. Imagen PET tridimensional

**Teleterapia.**- La teleterapia es un tratamiento en que la fuente de las radiaciones no esta en contacto directo con el tumor objeto del tratamiento. Las radiaciones utilizadas para el tratamiento pueden ser de diferentes tipos y energías. A menudo se utilizan fuentes radiactivas emisoras gamma, como el cobalto-60. La teleterapia también puede administrarse con otras fuentes, como los haces electrónicos o neutrónicos.

**Radiocirugía estereotáctica.**- Se guía un haz hacia el tumor a tratar, el cual es localizado mediante tomografía axial computarizada y resonancia magnética. El paciente se inmoviliza, una vez localizado el tumor en las imágenes, avanzados sistemas de cómputo determinan los haces delgados de radiación (provenientes de un acelerador), que mejor entregan la dosis al volumen de interés, al mismo tiempo que

minimizan la energía al tejido sano. El movimiento combinado del acelerador que produce la radiación y de la camilla permite describir múltiples arcos que tienen como vértice el tumor.

*Cuchillo gamma.*- esta modalidad de radiocirugía no requiere de un acelerador, se emplea en sitios profundos del cerebro, para tratar tumores, eliminar malformaciones de arterias, venas y para tratar a pacientes con epilepsia. La técnica es simple: se tienen 200 fuentes de cobalto-60, en un arreglo esférico con forma de casco metálico, cada fuente emite haces de rayos gamma en una sola dirección y su arreglo determina en que dirección ocurrirá la intersección de todos los haces, ver figura 4.



Figura 4. Cuchillo gamma

**Radioterapia metabólica.**- Es el tratamiento con radiofármacos que se dirigen específicamente hacia el tumor, proporcionando una dosis eficaz de radiación selectiva que destruye las células malignas (cáncer) sin dañar los tejidos sanos. Existen moléculas llamadas receptores, que se hallan en las membranas de las células y que permiten hacer llegar el radiofármaco al blanco deseado, donde es posible hacer llegar la dosis de radiación con una mínima afección de las estructuras vecinas.



### Conclusiones

La aplicación de la tecnología nuclear en la industria es basta, presentando alternativas que mejoran la calidad, costos y/o tiempos de producción, en las diferentes industrias que son empleadas. Las técnicas nucleares también son empleadas con éxito en la investigación en algunas áreas de la ciencia como lo son la química, biología, materiales, agricultura, entre otras. Una de las aplicaciones más importantes de la tecnología nuclear se encuentra en la medicina, mejorando la calidad de vida del ser humano.

### Fuentes consultadas

- [1] Ester Brandan María, "Radiación para curar el cáncer, ¿Qué hay de nuevo?", CIENCIA revista de la academia mexicana de ciencias, Vol. 53 número 2, abril-junio 2002, p. 40-47.
- [2] Ferro Flores Guillermina y Arteaga de Murphy Consuelo, "Proyectiles nucleares inteligentes, la radioterapia metabólica", CIENCIA revista de la academia mexicana de ciencias, Vol. 53 número 2, abril-junio 2002, p. 55-61.
- [3] Rodríguez Villafuerte Mercedes y Ávila Rodríguez Miguel A., "Como funciona el cuerpo humano, tomografía por emisión de positrones", CIENCIA revista de la academia mexicana de ciencias, Vol. 53 número 2, abril-junio 2002, p. 28-39.
- [4] Valdés Cristerna Raquel, Medina Bañuelos Verónica y Montoya Monterrubio Juan, "Cómo destruir un tumor con radiaciones, la planeación en teleterapia", CIENCIA revista de la academia mexicana de ciencias, Vol. 53 número 2, abril-junio 2002, p. 48-54.
- [5] Iturbe G. José Luis. 2001. "Fundamentos de Radioquímica". Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca Edo. de Méx., Méx.
- [6] <http://cab2.cnea.gov.ar>
- [7] <http://www.bbc.co.uk/spanish/>
- [8] <http://www.idts.com.br/quimica/>
- [9] <http://www.ipen.gob.pe>
- [10] <http://www.ecunuclear.gov.ec>