



Autor:  
**Carlos E. Chiossi**  
 Ingeniero Electromecánico -  
 Orientación Electrónica (UBA)  
 Agente de CNEA y ARN  
 (entre 1969 y 2008)  
 Experto en Seguridad Nuclear  
 de Reactores Nucleares  
 Asesor Científico (CNEA y ARN)  
 Docente en Seguridad Nuclear  
 (IB/CNEA/ARN)

## Una mirada a la Interacción de la Radiación Electromagnética Ionizante con la Materia y aplicaciones

*La interacción de la radiación con la materia es de gran importancia, porque todas sus aplicaciones científicas y tecnológicas se fundamentan en su penetración en la materia y en la energía depositada en sus átomos.<sup>1</sup>*

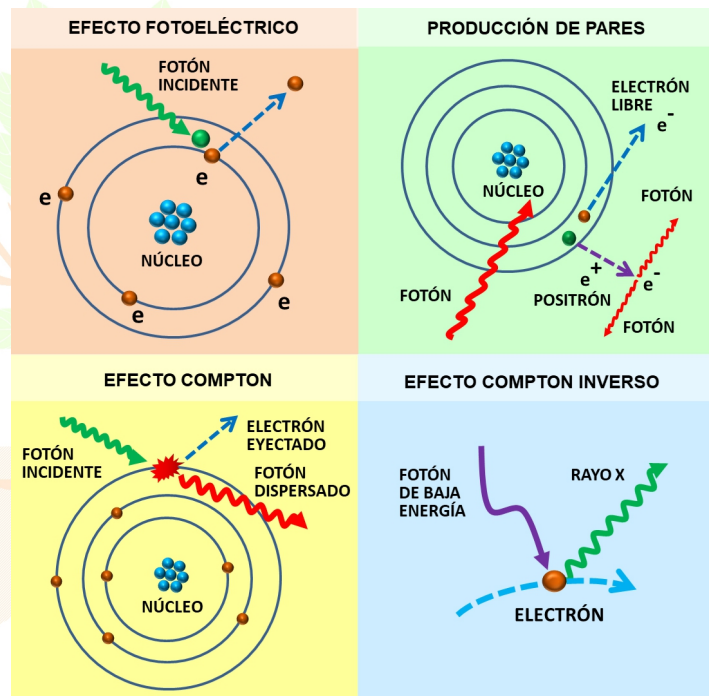
### Introducción

Existen dos tipos de radiaciones, las radiaciones *no ionizantes* y las *ionizantes*. Las *no ionizantes* tienen niveles de energía no suficientes para ionizar o para romper enlaces químicos. Son ejemplos: las ondas radiofónicas, televisión, luz visible o infrarrojas. Este tema no se tratará en esta hojita. Las radiaciones *ionizantes*, en cambio, tienen niveles de energía suficientes para ionizar los átomos de la materia sobre la que inciden y pueden excitar y romper enlaces químicos en moléculas orgánicas. Las radiaciones pueden ser *electromagnéticas* o *corpúsculares*. Al interactuar la radiación con la materia puede llegar a producir en ella algún efecto. Qué tipo de efecto le produce, dependerá de características propias de la radiación (carga eléctrica, masa, energía) y del tipo de material sobre el que incide. Las radiaciones electromagnéticas ionizantes que interactúan con la materia pueden ser: *rayos X*, *rayos gamma* y las *radiaciones ultravioletas UV-C*, que en parte son ionizantes y en parte no. Desde hace varios años, se vienen utilizando estas radiaciones en múltiples aplicaciones en beneficio de la humanidad.

### Interacción de los rayos X y gamma con la materia

Los rayos X y gamma interactúan con la materia de diversos modos, siendo los más importantes:

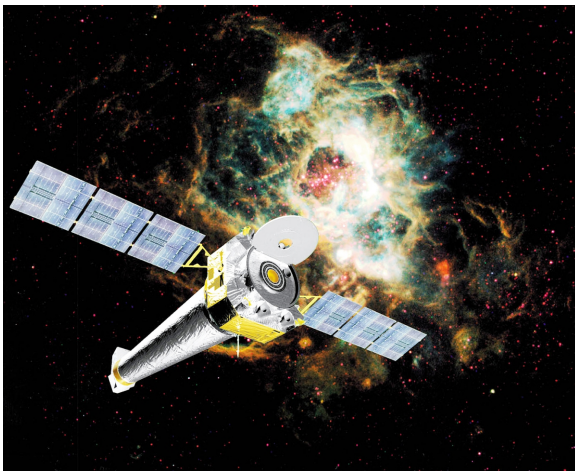
**EFFECTO FOTOELÉCTRICO:** En este efecto, cuando un fotón interactúa con un átomo neutro, el fotón desaparece entregando su energía a un electrón ligado al átomo. El electrón ligado es expulsado del átomo (se denomina fotoelectrón) y su energía es menor que la del fotón. La vacante en la nube electrónica se ocupa por otro electrón de la misma, emitiéndose un rayo X caracte-



ístico o un electrón Auger<sup>2</sup>.  
**PRODUCCIÓN DE PARES:** En este efecto, cuando un fotón de alta energía incide en el campo eléctrico intenso cercano al núcleo de un átomo, el fotón desaparece y se convierte en un par electrón positrón. El par es expulsado del átomo, quedando el electrón libre y el positrón, al combinarse con un electrón de la materia, se aniquilan formándose dos fotones gamma iguales que viajan en sentidos opuestos.  
**EFFECTO COMPTON:** Este efecto ocurre cuando un fotón incidente choca con un electrón no rígidamente ligado al átomo, admitiéndose que el electrón es libre y el choque es elástico. Después del choque, el fotón se dispersa en una dirección y el electrón (llamado de retroceso) se mueve en otra direc-

ción, quedando el átomo ionizado. La radiación difusa (fotón dispersado) es algo menos penetrante que la radiación primaria (fotón incidente) que la origina.

**EFEECTO COMPTON INVERSO:** En este efecto, un fotón de baja energía choca con un electrón que viaja a una velocidad cercana a la de la luz, fotón que luego adquiere una alta energía transformándose en un rayo X. Durante el efecto Compton, los fotones entregan energía a los electrones, y durante el efecto Compton inverso los electrones entregan energía a los fotones.



Telescopio de rayos X Chandra.

### Aplicaciones de los rayos X

La NASA envió al espacio, en 1999, el telescopio de rayos X *Chandra*, que entre sus descubrimientos evidenció la existencia de la materia oscura, observó erupciones de agujeros negros supermasivos y detectó la emisión de rayos X de Plutón. Por otro lado, en medicina, la *radiografía* convencional permite ver la anatomía de los órganos y los tejidos del cuerpo humano; con *fluoroscopia* se estudia las estructuras del cuerpo en movimiento; la *tomografía computada*, permite crear imágenes de cortes transversales del cuerpo, incluyendo imágenes tridimensionales. Análogamente, en la industria, suele usarse la radiografía llamada industrial para ver deformaciones, roturas, u otros daños internos de piezas, no siendo destructivos estos ensayos. En agricultura se evalúa la calidad de las semillas de distintas especies como las forestales nativas y cultivadas, y también semillas y frutos llenos, vanos o conteniendo huevos, pupas, o insectos vivos en su interior. En la restauración de obras de

arte, los rayos X permiten observar las capas interiores de lienzos a restaurar y así conservar la obra original del artista.

### Aplicaciones de los rayos gamma

El telescopio de rayos gamma *Fermi*, lanzado por la NASA en 2008, sirve para estudiar y mapear cuantiosas fuentes de estos rayos en el Universo, como los emitidos por núcleos activos de galaxias, púlsares y restos de supernovas. El telescopio detecta el rayo gamma produciendo un par electrón positrón cuya dirección y energía se mide por otros detectores, evaluándose el rayo gamma. En medicina, los *centellogramas* permiten el estudio de órganos, luego de inyectar en el paciente un radiofármaco que emite rayos gamma, los cuales son detectados por una cámara gamma y procesados por computadora. La *tomografía por emisión de positrones* (PET) se obtiene inyectando al paciente un *radiofármaco* emisor de positrones, que combinados con electrones del cuerpo, producen rayos gamma que impactan en detectores diametralmente opuestos, que giran alrededor del paciente. En la industria se pueden detectar imperfecciones en piezas metálicas, ya sea por fisuras o malas soldaduras. También se pueden controlar niveles de líquidos en tanques o en envases opacos con productos. En alimentos, la radiación gamma elimina microorganismos como bacterias, hongos e insectos en granos u otros alimentos, conservándose y almacenándose así productos más duraderos. En obras artísticas se emplean rayos gamma para la polimerización usada en su restauración, por la progresiva pérdida de fijación debido al medio ambiente, contaminación con hongos, insectos que ingieren madera, y otras causas.

### REFERENCIAS

- 1 Se recomienda leer previamente la Hojita "Una mirada a la física atómica" del presente autor.
- 2 Cuando un átomo eyecta un electrón de una órbita muy cercana al núcleo por choque de un fotón X o un electrón muy energético, el átomo queda con exceso de energía y otro electrón de una órbita superior pasa a ocupar la vacante del anterior. El exceso de energía se elimina por un fotón X o por la eyección de un electrón situado en una órbita muy externa. Este último electrón se denomina electrón Auger.

### ABREVIATURAS

- ARN: Autoridad Regulatoria Nuclear.  
CNEA: Comisión Nacional de Energía Atómica.  
IB: Instituto Balseiro - Centro Atómico Bariloche.  
UBA: Universidad Nacional de Buenos Aires.



Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable  
Comisión Nacional de Energía Atómica

Tel: 011-4704-1485 www.cnea.gov.ar/ieds

Av. del Libertador 8250 (C1429BNP) C. A. de Buenos Aires - República Argentina

Año de edición: 2020/2º ISBN: 978-987-1323-12-8