

## Centenario del descubrimiento de la radiactividad

El 4 de septiembre de 1996, organizado por Luis Vicente y María Guadalupe Albarrán, se celebró en la Universidad Nacional Autónoma de México el Simposio "A 100 años de la radiactividad". Incluimos en este número cinco de las presentaciones programadas.

# Diversos usos de la fuente de rayos gamma en la UNAM

*Epifanio Cruz Zaragoza\**

### Introducción

La utilización de radiación ionizante ha sido de enorme interés académico y de aplicación industrial directa. Ésta se ha empleado para diferentes propósitos tales como el estudio de la modificación de propiedades en diferentes materiales, el de la interacción de la radiación con la materia en forma gaseosa, líquida y sólida, así como en la preservación de alimentos.

Los irradiadores con material radiactivo son máquinas útiles para llevar a cabo estos procesos inducidos por la radiación ionizante. En ellas se usa material radiactivo (cobalto-60 o cesio-137, principalmente) para uso industrial o para apoyo de la investigación científica. Es de señalarse que el desarrollo y empleo de estos irradiadores fue muy importante, ya que generó modificaciones trascendentes en las legislaciones de diversos países y la adopción de nuevas normas para la conservación de alimentos, por ejemplo. Ello impactó directamente en el control de calidad de productos perecederos.

Además de esta importancia industrial, su impacto en la investigación se hizo rápidamente creciente. Es digno de mencionarse que se desarrolló mucho trabajo (el cual todavía continúa) sobre el blindaje adecuado para la instalación de irradiadores de distintas capacidades y usos, los problemas en la medición de la dosis absorbida en los productos de diferentes densidades, el desarrollo de dosímetros para bajas y altas dosis, etcétera.

El diseño de los irradiadores se ha dado en función de las necesidades. Así, por ejemplo, los hay móviles para que se pueden desplazar hacia los campos de cultivo agrícola, otros son relativamente pequeños y con autoblandaje —conocidos como los "gammacell", con peso aproximado de cinco toneladas— que se utilizan comúnmente en laboratorios de investigación de las áreas médica, química, farmacéutica, física, etcétera, hasta los de tipo semi-in-

dustrial e industrial con capacidades de trabajo diario de varias toneladas de procesamiento de productos inorgánicos y orgánicos.

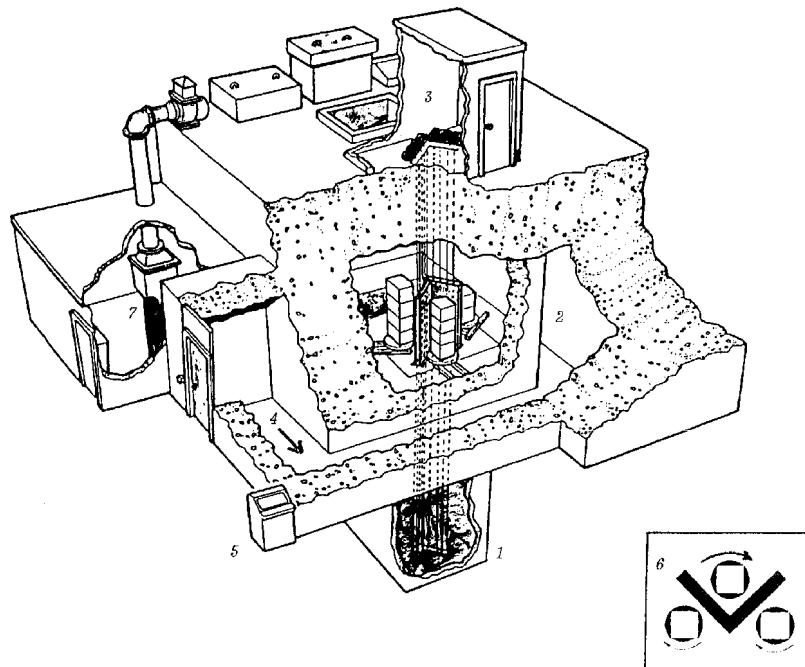
Dado este amplio campo de trabajo y la importancia del mismo, la Universidad Nacional Autónoma de México adquirió un irradiador gamma de cobalto-60, Gammabeam 651 PT (GB651 PT), diseñado para estudios de investigación de irradiaciones a escala semi-industrial. Su instalación se realizó en 1986 por la compañía canadiense Atomic Energy of Canada Limited (Nordion International Inc.) en el Instituto de Ciencias Nucleares (ICN). El material radiactivo de este irradiador está ensamblado en doble barra de acero inoxidable tipo C-188 sellada, que evita el contacto directo con el blindaje biológico (agua deionizada) y con las muestras de laboratorio o los productos industriales. El manejo de las barras con Co-60 se opera de manera remota a través de una consola y una llave clave de acceso. Los productos o muestras a irradiar pueden colocarse por tiempos predeterminados con el fin de alcanzar la dosis deseada, y pueden obtenerse dosis variables seleccionando el número de fuentes, sus posiciones o alturas respecto del piso o distancia respecto al centro de las mismas.

### Descripción del irradiador

Como todos los irradiadores gamma diseñados por Nordion International Inc., el irradiador GB651 PT tiene las mismas condiciones de operación y sistemas de alarmas para mantener la seguridad radiológica en la instalación radiactiva. Las partes principales del GB651 PT se muestran en el esquema 1, en la que se señalan:

1. Alberca de almacenamiento de las fuentes de cobalto-60.
2. Cuarto o cámara de irradiación.
3. Mecanismo para el movimiento de las fuentes.
4. Laberinto de acceso a la cámara de irradiación.
5. Consola de control.
6. Posición de las fuentes.
7. Cuarto de compresores de aire, filtro de aire, planta purificadora de agua para la alberca, y tableros de control.

\* Instituto de Ciencias Nucleares UNAM, Circuito Exterior de la Ciudad Universitaria, Apdo. Postal 70-543, 04510 México D.F.



Esquema 1. Descripción del irradiador Gammabeam 651 PT.

Las paredes que sirven de blindaje a la cámara de irradiación están diseñadas para una carga de hasta 200 kCi de actividad, con una densidad de concreto de  $2.36 \text{ gm/cm}^3$ . El campo de exposición (IAEA, 1990; Rangel y Cruz, 1993) depende de la carga almacenada, y la exposición exterior a la cámara de irradiación está en los límites establecidos por la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA, 1994; CIPR, 1990) y de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias de México.

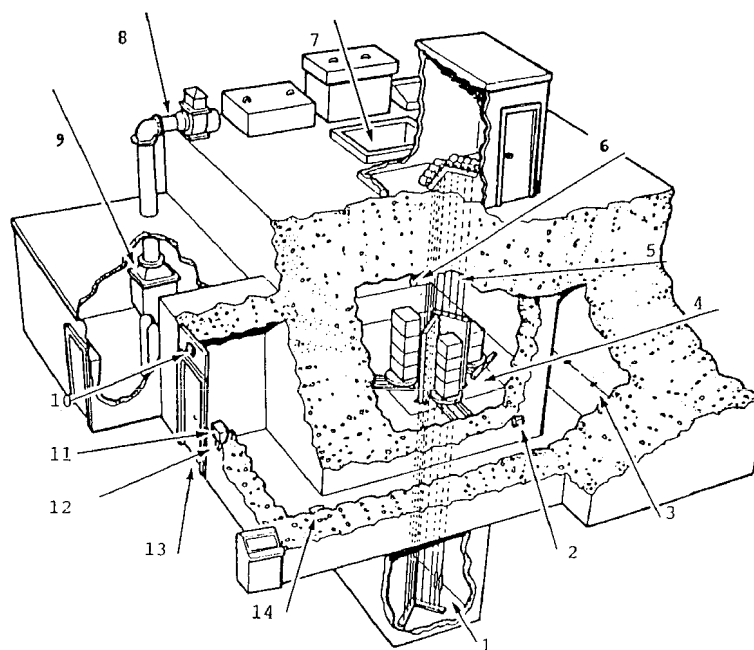
Para cuestiones de reglamentación en seguridad radiológica (CNSNS, 1993), los irradiadores auto-blindados como éste, cumplen los mismos requisitos que los de mayor capacidad de trabajo ya sean panorámicos o de tipo alberca.

#### Seguridad en el irradiador GB651 PT

El nivel de fiabilidad en la operación y el mantenimiento preventivo del irradiador gamma es verificado periódicamente de acuerdo con un orden de importancia establecido en el *Manual de Procedimientos de Seguridad Radiológica* y de emergencia elaborado especialmente para ello (ICN, 1995). El sistema de seguridad del GB 651 PT está constituido por las partes que se señalan en el esquema 2:

1. Alberca de agua deionizada y de blindaje biológico.
2. Detector de radiación L118.
3. Cable manual de emergencia.
4. Interruptor para flotador de nivel de agua.
5. Dispositivos para control de tope de cables de acero.
6. Interruptor de llave de seguridad.
7. Interruptor del tapón del techo de la cámara de irradiación.
8. Extractor de ozono.
9. Filtros para ventilación y detector contra-incendio.
10. Luz de advertencia de presencia de alto nivel de radiación.
11. Indicador de nivel de radiación y alarma L118 exterior.
12. Interruptor de llave y fuente radiactiva de prueba.
13. Puerta de acceso de cerrado automático.
14. Interruptor general de movimiento de las fuentes.

Adicionalmente, existen dos tanques de resina y un filtro de carbón activado para el tratamiento del agua que recircula continuamente hacia la piscina. En ellos existen también dos detectores de radiación



Esquema 2. Sistema de seguridad en el GB651 PT.

para bajo nivel de exposición. Cualquier contaminación proveniente de la piscina sería detectado y pararía el sistema de trabajo del irradiador y, en consecuencia, las fuentes irían a su posición de blindaje biológico.

Los controles de indicadores de cualquier falla en la operación correcta del sistema auxiliar o del propio irradiador están en la consola de control remoto. Ello ha contribuido a evitar cualquier accidente de consecuencias graves en que se tenga involucrado el material radiactivo, y desde luego, en que se ponga en riesgo el factor humano (AECL, 1986).

Los campos de exposición en la cámara de irradiación son muy bien conocidos. Para ello se efectúan evaluaciones dosimétricas de altas dosis, tanto de manera estática como dinámica (Carrasco y Cruz, 1994; Cruz y Rangel, 1994). Una adecuada distribución de dosis permite hacer más eficiente la irradiación de muestras de laboratorio, de material para cultivo celular, de material orgánico, dispositivos electrónicos y de productos industriales.

#### Actividades en el irradiador gamma

Los objetivos del irradiador GB651 PT siguen siendo el apoyo a la investigación científica, principalmente, enseguida la docencia y, finalmente, el servicio de comercialización parcial a la industria; esto últi-

mo para ser autosuficientes en recursos para su mantenimiento. En estas actividades se involucran la colaboración interinstitucional, la atención a visitantes, el servicio y apoyo a distintas dependencias en la Universidad.

#### Usos de la fuente gamma

Para hacer uso correcto de las fuentes, sin contravenir ningún reglamento, se debe cumplir con las normas de trabajo para este tipo de instalación radiactiva, para lo cual es necesario velar el cumplimiento de:

- 1) La reglamentación para la operación segura del material radiactivo;
- 2) Aprobar las inspecciones de la CNSNS y de la compañía Nordion International Inc., proveedora del irradiador y, además,
- 3) Cumplir todos los procedimientos de seguridad radiológica en el irradiador (ICN, 1995).

Detrás de la reglamentación, las inspecciones y los procedimientos hay un gran trabajo para llevar al cabo el cumplimiento de tales actividades. Al acatar todas estas disposiciones se garantiza la seguridad radiológica y se previene cualquier accidente o incidente con el material radiactivo.

Nuestro irradiador gamma tiene múltiples usos,

entre los que destacan los trabajos de investigación, tales como:

- estudios en compuestos poliméricos, de donde se ha derivado un buen número de tesis.
- evolución química y química de radiaciones.
- estudios de daños en estructuras cristalinas, amorfas y medios acuosos.
- evaluación de propiedades dosimétricas de sólidos.

En la tabla 1 se señalan los tipos de muestras y productos de la industria que se están procesando en nuestra instalación radiactiva. Es innumerable la cantidad de muestras que se han irradiado para diferentes propósitos. La capacidad de procesamiento de condimentos, por ejemplo, es de casi 8.5 toneladas a la semana, más materiales de cosméticos. Esto da una idea de la cantidad de trabajo y la utilidad que tiene actualmente el irradiador GB651 PT. Hoy día podemos decir que este irradiador está trabajando a casi un 95% de su capacidad en tiempo real y al 100% en su capacidad de volumen.

### Conclusiones

En esta participación dentro del Simposio "A 100 años de la radiactividad", he querido disertar sobre las características y usos principales del irradiador gamma en la UNAM. También indicar la conveniencia de contar con ese tipo de instalación radiactiva tanto para la investigación básica y aplicada como para la docencia, principalmente.

Desde luego, podemos decir que este irradiador es el único en México que tiene las características mencionadas en la introducción, pues un rasgo importante del mismo es que podemos variar ampliamente la razón de dosis al seleccionar la cantidad de fuentes necesarias. En el país existen dos irradiadores más: uno para irradiaciones industriales instalado en el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, en Salazar, Estado de México, y otro en Tapachula, Chiapas, que se utiliza para esterilizar moscas del mediterráneo que emigran a México y a América del Norte. Sin embargo, el irradiador de la UNAM sigue siendo versátil en su uso múltiple y es una herramienta generosa para muchos trabajos. Es de señalarse que puede automantenerse por los servicios prestados a la industria privada, lo que indica que se podría contar con otro aún de mayor capacidad dentro de la misma Universidad.

**Tabla 1.** Usos del irradiador GB651 PT.

<i>Diversos compuestos poliméricos.</i> Estudios de reticulación, degradación, injertos.
<i>Ácidos, arcillas y otros.</i> Investigación en evolución química y de química de radiaciones.
<i>Cristales y geles.</i> Estudios de daños en estructuras y respuesta a la radiación gamma, evaluación de propiedades dosimétricas.
<i>Diversos vegetales.</i> Estudios de modificación de desarrollo.
<i>Prueba de equipos o materiales.</i> Análisis de respuesta de equipos y materiales en atmósferas corrosivas y de envejecimiento por radiación.
<i>Cosméticos.</i> Esterilización de shampoo, pinceles, brochas, lápices, borlas, almidón, óxidos.
<i>Condimentos naturales.</i> Pimienta, orégano, cilantro, ajo, cebolla, canela y otros.
<i>Material de laboratorio.</i> Esterilización de material de vidrio y plástico para cultivo celular.
<i>Material médico.</i> Material plástico (guantes, bolsas, etcétera).

### Referencias

- AECL, Atomic Energy of Canada Limited (Nordion International Inc.), *Cobalt-60 Irradiator, Model GB651 PT, Serial No. 02. Operator's Manual.* México 1986, Kanata, Ontario, Canadá, 1986.
- Carrasco, H. y Cruz-Zaragoza, E., "Distribución de la rapidez de dosis en el Gammabeam 651 PT", *VII Congreso Nacional sobre Dosimetría Termoluminiscente y Temas Afines*, Ciudad de México, 12 y 13 de septiembre de 1994.
- CIPR, Comisión Internacional de Protección Radiológica, Publicación 60, *Annals of the ICRP*, v. 21, núm. 1 a 3, Oxford, 1990.
- CNSNS, Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, "Reglamento general de seguridad radiológica", 2a. ed., Secretaría de Energía, ciudad de México, 1993.
- Cruz-Zaragoza, E. y Rangel, J., "Sistemas de Seguridad y Dosis en el Irradiador Gamma de la UNAM", *V Congreso Anual de la Sociedad Nuclear Mexicana, y XIV Reunión de Trabajo de la Sociedad Mexicana de Seguridad Radiológica A.C.*, Ciudad de México, 20-23 de Nov.1994, p. 217-220.
- IAEA, International Atomic Energy Agency, "Recommendations for the safe use and regulation of radiation sources in industry, medicine, research and teaching", *Safety Series No. 102*, IAEA, Vienna, 1990.
- IAEA, FAO, ILO, AEN-NEA-OCDE, PAHO, WHO, "Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación", Edición provisional en inglés, IAEA, Viena, 1994.
- ICN, Instituto de Ciencias Nucleares-UNAM, "Manual de procedimientos de seguridad radiológica", Gammabeam 651 PT, Versión 0, Comité de Seguridad Radiológica ICN-UNAM, ciudad de México, 1995.
- Rangel, J. y Cruz-Zaragoza, E., "Revisión y puesta en operación del Gammabeam 651 PT del Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM", *VI Congreso Nacional sobre Dosimetría Termoluminiscente*, ciudad de México, 13 y 14 de septiembre de 1993.