

# Proveedor mundial de Co-60

## Fuente GIK-A6

En conformidad con la mayoría de los centros de irradiación  
Retorno de fuentes usadas  
Logística multimodal  
20 años de ciclo de vida  
Soporte técnico



**ALATI**  
en contacto

### Argentina

- Comisión Nacional de Alimentos - CONAL
- Exposición a las radiaciones ionizantes, riesgos de sus aplicaciones
- Ingeniería civil para una industria en constante evolución

### Brasil

- Aplicación de la irradiación en floricultura

### Bolivia

- Desarrollo nuclear en Bolivia

### Costa Rica

- Irradiación multipropósito en el Instituto Tecnológico de Costa Rica

### Cuba

- Al rescate de la tecnología de irradiación en Cuba

### Ecuador

- Avances en Tecnología Nuclear en Ecuador

### Latinoamérica

- Rosatom: Tecnologías de irradiación al cuidado de la salud

### México

- ININ - Proyecto ELITE

### Uruguay

- Evaluación sensorial y evolución de parámetros microbiológicos

# ALATI en contacto

Versión digital  
[www.alati.la/encontacto](http://www.alati.la/encontacto)

ALATI

## ALATI en Co ntacto

Organo Oficial de Comunicación  
de la Asociación Latinoamericana  
de Tecnología de la Irradiación - ALATI  
Año: 2016 / Núm.: 2

## Pág. INDICE

- 1 Editorial
- 2 México  
Proyecto ELITE - ININ
- 2 Argentina  
CONAL - Codificación de alimentos  
para irradiar
- 3 Costa Rica  
Establecimiento de facilidades de  
irradiación multipropósito en el Instituto  
Tecnológico de Costa Rica
- 4 Bolivia  
Despegue del programa de investigación  
y desarrollo nuclear en Bolivia
- 4 Cuba  
Al rescate de la Tecnología de  
Irradiación en Cuba
- 5 Ecuador  
Programa de avances en Tecnología  
Nuclear en Ecuador
- 6 Latinoamérica  
Rosatom: Tecnologías de irradiación  
al cuidado de la salud
- 8 Brasil  
Aplicación de la irradiación en floricultura
- 9 Argentina  
Exposición a las radiaciones ionizantes,  
riesgos de sus aplicaciones
- 13 Uruguay  
Evaluación sensorial y evolución  
de parámetros microbiológicos  
en hamburguesas procesadas  
comercialmente sometidas a irradiación
- 15 Argentina  
La ingeniería civil brindando respuestas  
a industrias en constante  
evolución
- 17 Mexico  
La utilización de la irradiación gamma en  
México y su estado actual

## Anunciantes

- Ionics S.A.  
Retiración de contratapa
- Martorell Construcciones S.R.L.  
Retiración de tapa
- Rosatom América Latina Ltda.  
Contratapa

ALATI  
en contacto

## EDITORIAL

### Seguimos en contacto

Ya han pasado dos años desde nuestro primer encuentro en Buenos Aires, y un año desde la primera edición de ALATI en Contacto.

Desde su creación, ALATI ha atravesado junto a los distintos países de la región, por diferentes crisis políticas, sociales y financieras. De hecho, el 2do Encuentro, previsto para octubre de este año, no se ha realizado debido al contexto económico-financiero en México. "Lo que no te mata te hace más fuerte" decía Friedrich Nietzsche. Igualmente prefiero la frase budista, muy anterior a aquél: "El dolor y el sufrimiento son nuestros maestros".

Así, los latinoamericanos nos adaptamos a los inconvenientes y desarrollamos alternativas. Por ejemplo, aprovechando el próximo IMRP de noviembre en Vancouver, tendremos una reunión de la ALATI. No será un encuentro general con presentación de trabajos, pero nos dará la oportunidad de debatir sobre los objetivos y fines de la Asociación, que son muy importantes para su continuidad.

Hemos mantenido conversaciones en Brasil y en Argentina con funcionarios del área sanitaria y con irradiadores con distintas tecnologías, para fomentar la seguridad radiológica. Se recordó la lamentable experiencia ocurrida en Chile en que se debió recurrir a Europa para la atención de una persona irradiada. Así todos coincidimos en que nos falta información y preparación para atender una emergencia radiológica y nuclear en la región.

Desde ALATI nos proponemos promover la realización de un curso de alcance latinoamericano, para médicos y especialistas sanitarios. Y por eso mismo, en la presente edición publicamos una detallada nota sobre exposición a radiaciones ionizantes del Dr. Juan Carlos Giménez, especialista radio-patólogo con amplia experiencia en el tema, que comparte con nosotros la preocupación por la falta de planes y capacitación del sector.

Continuamos con el desarrollo y mantenimiento de la página [www.alati.la](http://www.alati.la) en donde encontrarán novedades y trabajos realizados del sector. Mientras tanto, el interés por ALATI sigue creciendo por parte de empresas e instituciones de la región, pudiéndose así auspiciar un nuevo año de crecimiento en las metas mancomunadas, compartiendo conocimientos y experiencias.

Finalmente, tengo el orgullo de presentarles esta segunda edición de nuestro Órgano de Comunicación, agradeciendo profundamente a todos aquellos que con su esfuerzo y colaboración lo hicieron posible

Seguimos en contacto.

Ing. Daniel A. Perticaro  
Presidente ALATI



## Comisión Directiva

Presidente:  
**Daniel Perticaro (ARG)**

Vicepresidente 1º:  
**Miguel Iran Alcérreca Sánchez (MEX)**

Vicepresidente 2º:  
(a cargo de Relaciones  
Institucionales)  
**Aníbal Abreu (URU)**

Secretario General:  
**Rubén Oscar Reyes (ARG)**

Secretario Técnico:  
**Rubén Oscar Reyes (ARG)**

Tesorero:  
**Germán Arambarri (ARG)**

Comisión Revisora de Cuentas:  
**Andrea Docters (ARG)**  
**Florinella Muñoz Bisesti (ECU)**  
**Rubén Gómez Cervantes (MEX)**

## Equipo Editorial

Dirección Editorial  
**Daniel A. Perticaro**

Consultor Técnico  
**Noe Altschuler**

Diseño y Diagramación  
**Fernando Marco Sassone**

Coordinación General  
**Alejandra Fischer**

Departamento de  
Comunicación Institucional  
**Alejandra Fischer**  
encontacto@alati.la  
+54 911- 6929-2900

Producción Integral  
**AlmaZen de Medios**  
www.almazendemios.com.ar

Órgano Oficial de Comunicación de la  
Asociación Latinoamericana de  
Tecnologías de la Irradiación

Editada y publicada  
en Buenos Aires, Argentina.

Impresa por  
**Copinet Norte Gráfico**  
www.copinet.com.ar

Las opiniones de los autores de las  
notas no representan necesariamente  
la opinión de la Asociación.

Todos los derechos reservados.  
Prohibida su reproducción total o par-  
cial, por medios mecánicos o digitales,  
sin el expreso consentimiento de la  
Asociación y los respectivos autores de  
las notas.

# Proyecto ELITE

ININ - México



En el mes de octubre de 2014, durante el 1er. Encuentro Latinoamericano de Tecnologías de Irradiación, presentamos del ININ (México) un proyecto que estaba naciendo "Proyecto ELITE, Acelerador de Electrones para Irradiar Productos Industriales" y que en julio de 2014 se había presentado ante las autoridades correspondientes del gobierno Federal y que fue bien calificado pero ante la situación económica del país, nos sugirieron buscar opciones con inversionistas privados.

Desde entonces hemos hecho una intensa labor de promoción de la tecnología de irradiación, esto, aunado a 2 proyectos que el ININ tiene del OIEA, el RLA 5-066 "Increasing the Commercial Application of Electron Beam and X Ray Irradiation Precessing Food" y el "Proyecto de Cooperación Técnica MEX1/023 "Introducing Electron Beam / X Ray Irradiation Technology" y con ambos tenemos muchas actividades de promoción y difusión ya comprometidas con el OIEA, lo que estamos aprovechando para incluir también nuestro proyecto ELITE.

En las presentaciones que hemos hecho del proyecto, se ha insistido en los beneficios que se obtendrían en México con la aplicación de una tecnología de esta naturaleza:

- Ser un referente nacional e internacional en el uso del procesamiento industrial por medio de irradiación.
- Ser un aliado estratégico para el sector privado para la profesionalización de sus cadenas productivas usando la tecnología de procesamiento por medio de irradiación.
- Reforzar la formación de recursos humanos y realizar investigación, desarrollo tecnológico e innovación en este tema.
- Consolidarse como un Centro de Excelencia del OIEA en tecnologías de irradiación para Iberoamérica.
- Proyecto demostrativo de transferencia, asimilación y uso de nueva tecnología de procesamiento de irradiación en México, que establezca precedente para la instalación de nuevas plantas de su tipo en el territorio nacional. Esperamos pronto darles una buena noticia a todos nuestros colegas de ALATI a quienes mandamos un fuerte abrazo y un cordial saludo.

# Codificación de alimentos para irradiar

En Argentina, la Comisión Nacional de Alimentos - CONAL aprobó ocho clases de alimentos irradiados para su incorporación al Código Alimentario Argentino - CAA

## CLASE 1 - BULBOS, TUBÉRCULOS Y RAICES

Propósito:  
Inhibir brotación durante almacenamiento.

## CLASE 2 FRUTAS Y VEGETALES FRESCOS (distintos de los de la Clase 1)

Propósitos:  
a) Retrasar la maduración.  
b) Desinfestación de insectos.  
c) Control de microorganismos alterantes.  
d) Control cuarentenario.

## CLASE 3: CEREALES Y SUS HARINAS, LEGUMBRES, SEMILLAS OLEAGINOSAS, FRUTAS SECAS

Propósitos:  
a) Desinfestación de insectos.  
b) Control de microorganismos alterantes y patógenos.

## CLASE 4: VEGETALES Y FRUTAS DESECADOS O DESHIDRATADOS, ESPECIAS, HIERBAS SECAS Y TES DE HIERBAS

Propósitos:  
a) Esterilización  
b) Control de microorganismos patógenos.  
c) Desinfestación de insectos.

## CLASE 5: HONGOS DE CULTIVO COMESTIBLES, FRESCOS

Propósito:  
a) Control de microorganismos alterantes.

## CLASE 6: PESCADOS Y MARISCOS, Y SUS PRODUCTOS (FRESCOS Y CONGELADOS)

Propósitos:  
a) Control de microorganismos alterantes y patógenos  
b) Control de parásitos

## CLASE 7: AVES, CARNES BOVINA, PORCINA, CAPRINA, OTROS Y SUS PRODUCTOS (FRESCOS Y CONGELADOS)

Propósitos:  
a) Control de microorganismos alterantes y patógenos  
b) Control de parásitos

## CLASE 8: ALIMENTOS DE ORIGEN ANIMAL DESECADOS

Propósitos :  
a) Control de insectos  
b) Control de hongos

# Establecimiento de facilidades de irradiación multipropósito en el Instituto Tecnológico de Costa Rica

Desde 1990 el Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC), universidad estatal costarricense y la Comisión de Energía Atómica de este país, con el apoyo del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), han trabajado conjuntamente en diversas aplicaciones pacíficas de la energía nuclear.

Por **Miguel Rojas-Chaves** (PhD, Escuela de Biología y Centro de Investigación en Biotecnología)

**Ing. Mario Conejo Solís** (Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales)

**MSc. Walter Vargas Segura** (Escuela de Física, Instituto Tecnológico de Costa Rica)

Como consecuencia de una política institucional orientada al desarrollo de la energía atómica en diversas aplicaciones pacíficas, en 2012 se inicia el proyecto nacional denominado: Establecimiento de facilidades de irradiación Gamma multipropósito en el Instituto Tecnológico de Costa Rica. Mediante el cual, fue posible instalar la primera unidad recargable de este tipo existente en Costa Rica. El equipo es un irradiador autoblindado Ob-Servo Ignis, con una fuente radioactiva de cobalto 60, una actividad de 1.2 mil Ci (curies) y una cámara para irradiar de cinco litros. El establecimiento está ubicado en el costado suroeste del campo frutícola del Centro de Investigación en Biotecnología (CIB), donde se construyó una edificación para ese fin.

El Gobierno de Costa Rica avaló esta compleja adquisición a través de entidades, tales como los Ministerios de Relaciones Exteriores, Salud, Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones, así como la Secretaría Técnica Ambiental. Luego de una licitación internacional publicada en marzo del 2014, se adjudicó a la compañía IZOTOP (Institute of Isotopes Co. Ltd.), de Hungría. Las características constructivas del modelo adquirido cumplen con las siguientes normas ISO: 1677, TR 4826 y 2919. Las cuales le otorgan condiciones adecuadas de seguridad radiológica, así la puesta en funcionamiento del equipo está asegurado por un sistema redundante de múltiples pasos y llaves de seguridad. No obstante en caso de emergencia puede ser detenido inmediatamente, de igual manera en caso de un sismo o interrupción del fluido eléctrico.

La importación de esta unidad significó un considerable desafío administrativo y logístico tanto para el TEC, como para varios ministerios, entidades públicas, empresas transportadoras



Inauguración del Gammacell:  
Director del OIEA, Sr. Yukiya Amano y  
el Ing. Mario Conejo.



Instalación del Gammacell a cargo de  
técnicos de la empresa Izotop.

y aduaneras que participaron del proceso.

## Usos

En el área vegetal, estas facilidades permitirán aumentar la eficiencia y acortar el periodo de creación de nuevas variedades. Ejemplo de ello son dos proyectos actuales en arroz y banano, para crear plantas resistentes al cambio climático. Ya desde los años noventa se comercializa en Costa Rica la variedad de arroz CAMAGO-8, conseguida por semillas irradiadas, que muestra una tolerancia al hongo Pyricularia y un aumento

en rendimiento con una mejor respuesta la fertilización.

En el área médica, gracias a esta herramienta, podrá funcionar, por ejemplo, un banco de tejidos en Costa Rica, dado que será factible radioesterilizar diversos tipos de tejidos cadavéricos como piel, huesos o válvulas cardíacas para mejorar el tratamiento de enfermedades crónicas o de accidentes. Asimismo, ofrecer la opción de irradiar hemoderivados a hospitales y Bancos de Sangre.

La investigación y desarrollo de nuevos materiales poliméricos se podría incrementar al disponer de altas dosis de radioactividad, pues será posible crear nuevos polímeros o sistemas poliméricos (por ejemplo, hidrogeles) para aplicaciones biomédicas e industriales. Además, se ha explorado en otras aplicaciones, como la irradiación de sueros antifúngicos desarrollados por el Instituto Clodomiro Picado de la



Irradiación de arroz:  
Actualmente se trabaja para obtener  
una clase de arroz resistente a la  
sequía. Para ello se irradian frutos  
y semillas de la variedad CR-5272.

Universidad de Costa Rica.

Es conocido que se pueden irradiar documentos antiguos de gran valor histórico, para evitar su deterioro por microorganismos y evitar el uso de preservantes químicos. Por esta razón se participa en el proyecto regional RLA/0/058, para la "Aplicación de Tecnología Nuclear para la Conservación y Preservación del Patrimonio Cultural", en el cual también es partícipe el Departamento de Conservación del Archivo Nacional de Costa Rica.

En el campo de la docencia, se ha ilustrado a los estudiantes de diversas carreras, la interacción de la radiación con la materia, mediante el uso de esta tecnología nuclear, para la esterilización de insumos de laboratorio y sus ventajas ante otros procesos como el químico y físico como la aplicación de calor.

## Personal

Para la operación del equipo se dispone de un profesional en Física Médica y de un ingeniero de la Escuela de Ciencias de la Ingeniería de los Materiales, además de dos técnicos de esta unidad académica.

Con motivo de la inauguración oficial de este equipo se contó presencia del Sr. Yukiya Amano Director General del OIEA y del Sr. Luis Longoria, Director de Cooperación para América Latina de este organismo internacional.

Las aplicaciones de este irradiador le permitirá al Instituto Tecnológico de Costa Rica, proyectarse como una institución proactiva en el uso pacífico de la energía nuclear, para fines de investigación, docencia y prestación de servicios a los sectores industrial, médico, agroindustrial y cultural.

# Despegue del programa de investigación y desarrollo nuclear en Bolivia

Bolivia despegó su programa nuclear de investigación y desarrollo a partir de la firma del decreto supremo No. 2697, el 9 de marzo de este año, dando creación a la Agencia Boliviana de Energía Nuclear (ABEN), que tiene como objetivo desarrollar, suministrar y comercializar bienes y servicios de tecnología nuclear con fines pacíficos.

Por **Ing. Javier Ramirez-Perez** PhD, Departamento de Investigación y planificación, ABEN

Bolivia había quedado rezagada en el desarrollo de su programa nuclear, en comparación con los otros países de la región latinoamericana, a pesar de haber iniciado su programa de aplicación de energía nuclear en los años 60 del siglo pasado, mediante el trabajo de investigación realizado por el Instituto de Física Cósmica de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), que con el trabajo desarrollado impulsó la creación de la Comisión Boliviana de Energía Nuclear (COBOEN) con el objetivo de promover, dirigir, implementar y difundir el uso pacífico de la tecnología nuclear en Bolivia. Durante esa década Bolivia se convirtió en miembro de la Comisión Interamericana de Energía Nuclear (CIEN) y aprobó el acuerdo de cooperación de uso pacífico de la energía atómica y se adhirió a la Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA). En la siguiente década suscribió el tratado de No Proliferación de las Armas Nucleares (TNP) y el tratado para la Proscripción de Armas Nucleares en América Latina (1974).

Desde la creación del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear (IBTEN) en 1983, ésta es la institución reguladora sobre seguridad y protección radiológica, reglamentada en 1997 por ley gubernamental y es el ente coordinador con el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) en proyectos de cooperación regionales. En este contexto, se crea el Centro de Investigaciones y Desarrollo en Tecnología Nuclear (CIDTN) a cargo de la ABEN que será construido en la ciudad de El Alto de La Paz, sus instalaciones consistirán en: a) un ciclotrón-radiofarmacia junto a un PET/CT, para la producción de isótopos médicos para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades de cáncer; b) una planta de irradiación multipropósito, con una fuente de rayos gamma, para la irradiación de alimentos y semillas para su conservación, el análisis de la composición de suelos y aguas superficiales y subterráneas, nanotecnología de los materiales y otros, c) un reactor nuclear de investigación de baja potencia del orden 0.2 Mw, para la formación de investigadores



Firma del acuerdo marco entre ABEN-ROSATOM, Ing. Luis Sanchez, Ministro de Hidrocarburos y Energía de Bolivia, Sergei Kiriyenko, Director General de ROSATOM, Rusia.

y estudiantes de física e ingeniería nuclear y d) laboratorios de investigaciones, nucleares, radioquímicas y analíticas, que junto a otras instalaciones de apoyo, se vislumbra que será uno de los más modernos del continente y ayudará al desarrollo científico y tecnológico de Bolivia. El CIDTN será construido por la empresa ROSATOM, líder mundial en la construcción de este tipo de centros nucleares, con más de cien instalaciones construidas y operadas, tanto en Rusia como alrededor del mundo, brinda una garantía que sus instalaciones contarán con los más altos estándares de seguridad nuclear tanto para la población como para sus operadores, supervisados por la OIEA. Con la implementación del CIDTN, Bolivia ingresará a la economía del conocimiento, utilizando el talento humano de sus profesionales para el desarrollo científico, tecnológico y la modernización del país, que repercuta en mejorar la calidad de vida de sus ciudadanos. ■

## Al rescate de la tecnología de irradiación en Cuba

Desde inicios de los años 2000, el país viene desarrollando una estrategia nacional apostando por la recuperación de la tecnología de irradiación, apoyado con acciones de colaboración por el Programa de Cooperación Técnica con el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y convenios de colaboración bilateral con otros países. Actualmente se trabaja en la recuperación y modernización tecnológica de las instalaciones de irradiación en las diferentes escalas existentes en el país (investigación, piloto e industrial).

Entre los principales resultados hasta la fecha se destacan la extracción de las fuentes de cobalto en desuso, el montaje de un nuevo sistema de transportación de productos y su sistema de control en la planta de irradiación, instalación y puesta en marcha de un nuevo irradiador de laboratorio, la introducción de nuevas técnicas en la dosimetría de altas dosis, como la técnica de Resonancia de Spín Electrónico (RSE) y el sistema termoluminiscente, los que permitirán garantizar la metrología de altas dosis para los servicios de irradiación y además de la implementación de la técnica para la detección de alimentos irradiados. También se ha realizado el desarrollo y producción de productos para los servicios de salud como son las membranas de hidrogel, que se utilizan en el tratamiento de pacientes quemados y úlceras de pie diabético y los apósitos de amnios para el tratamiento oftalmológico y de úlceras varicosas, y la creación del Comité Técnico Nacional de Normas No.125 "Técnicas de Irradiación". ■

# Programa de avances en Tecnología Nuclear en Ecuador

Ecuador implementa una serie de medidas y dinámicas de trabajo tendientes a afianzar el desarrollo de la tecnología nuclear y sus aplicaciones prácticas.

En la Escuela Politécnica Nacional en Quito, se han implementado en los últimos meses equipos para el desarrollo de un Laboratorio de Dosimetría de referencia. Se adquirió un EPR (Equipo de resonancia paramagnética electrónica) y Calorímetros de grafito y poliestireno, especialmente para el trabajo a realizar en el Acelerador Lineal de Electrones. Estos equipos, que permiten realizar una dosimetría primaria, darán la capacidad a la EPN de proponer un laboratorio de referencia a nivel regional. A nivel nacional la Escuela Politécnica Nacional, la Subsecretaría de Control y Aplicaciones Nucleares (SCAN), ente de control nacional, otras universidades y la Secretaría de Educación, Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT) trabajaron en un taller para la definición de las ofertas académicas a nivel universitario de carreras y programas de posgrados en el área nuclear tanto a nivel de ingeniería como en el área de medicina. La EPN se encuentra en proceso de recarga de la fuente de Cobalto-60 en sus instalaciones. El borrador de convenio está en proceso de revisión por parte de la compañía argentina ofertante. Además, en la EPN, al ser un centro de Educación Superior, se han desarrollado varios trabajos de investigación, en las áreas de:



Equipo de resonancia paramagnética electrónica

### a. Irradiación de alimentos:

- Estudio del efecto de la irradiación con rayos gamma en la calidad poscosecha de la pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) entera y cortada

Con este estudio se determinó que el tratamiento combinado de radiación ionizante con refrigeración, permite extender la vida útil del producto a un costo competitivo en el mercado.

- Estudio de la aplicación de radiación gamma para extender la vida útil de pimiento (*Capsicum annum*) entero y el efecto sobre sus compuestos bioactivos

Con esta investigación se determinó que un tratamiento con irradiación y un almacenamiento en refrigeración permitieron la extensión de la vida útil de los pimientos, con excelentes resultados en sus propiedades organolépticas, físicas y químicas y sin cambios en sus compuestos bioactivos.

- Estudio del efecto del tratamiento poscosecha por irradiación gamma en la vida útil de la cebolla perla ecuatoriana de exportación (*Allium cepa* L.)

Con este estudio se determinó que el tratamiento de rayos gamma seguido de un almacenamiento en refrigeración permitió extender la vida útil de las cebollas y además no hubo diferencias significativas en sus propiedades organolépticas con respecto a las cebollas no irradiadas.

### b. Desarrollo de nuevos materiales:

- Obtención de un hidrogel de quitosano mediante la irradiación con un haz de electrones acelerados, para determinar la aplicación de este hidrogel en la adsorción de cromo en aguas. Con este estudio se obtuvo un hidrogel de quitosano mediante un haz de electrones acelerados con un porcentaje de hinchamiento alto que permitió remover el cromo III de muestras de agua en un 87%.

### c. Simulaciones con modelos digitales en MCNP5 de sistemas de irradiación en la fuente de cobalto-60 y en reactores nucleares de lecho fijo.

### d. Reutilización de residuos

- Estudio del efecto del proceso de irradiación de plumas de pollo, con electrones acelerados, sobre la extracción de queratina hidrolizada.

Con este estudio se pudo recuperar queratina hidrolizada de las plumas de pollo (residuo) con un porcentaje del 75 %.

Además se evaluaron características microbiológicas, sensoriales que permitieron asegurar la inocuidad de la muestra y mantener el color y aroma de la misma.

### e. Tratamientos no convencionales de efluentes

- Estudio de la degradación de la lignina a través de un proceso combinado de radiaciones ionizantes y tratamiento biológico. En este estudio se determinó que la lignina se degradó utilizando radiación beta y además aumentó la relación de DBO5/DQO del efluente de residuo.

Cabe mencionar que este estudio generó el artículo científico: "Lignin Degradation Through A Combined Process of Ionizing Irradiation and A Biological Treatment" publicado en *Journal of Advanced Oxidation Technologies*, 18(2) .pp. 239-245. ■



Miembros del Departamento de Ciencias Nucleares y estudiantes universitarios que trabajan en proyectos de investigación.

# Rosatom: Tecnologías de irradiación al cuidado de la salud

## Beneficios de las radiaciones ionizantes para la esterilización de materiales e irradiación de alimentos. Detalles del valor estratégico, sanitario y comercial de estas tecnologías y la experiencia e infraestructura de Rosatom en el campo nuclear.

La premisa de la aplicación de las radiaciones ionizantes en la industria o el agro es lograr mejores productos. “Existen usos ampliamente establecidos desde hace más de seis décadas, como la irradiación de alimentos, esterilización y descontaminación de materias primas, productos médicos, cosméticos y medicamentos. A ellas, hoy se suman las aplicaciones en materiales poliméricos, productos apícolas, preservación de bienes culturales, y en los últimos tiempos se extendió su alcance a los tratamientos fitosanitarios, medio ambiente y generación de materiales avanzados”, subraya la Mgter. Celina I. Horak, Jefa del Departamento Procesos por Radiación de la Gerencia Aplicaciones y Tecnología de las Radiaciones (GAATN) de la Comisión Nacional de Energía Atómica (Argentina).



La industria agrícola. Destinataria de muchos de los beneficios, como la irradiación de sustratos, semillas y frutos.

### Esterilización de materiales médicos Radiación al cuidado de la salud

“El uso de las radiaciones ionizantes para la esterilización de productos médicos, medicamentos, cosméticos, tejidos biológicos para implante, materias primas y envases aumenta anualmente. En 2015, alrededor del 36% de los productos fue esterilizado por radiación gamma y un 6% por máquinas aceleradoras de electrones. Tanto la validación del proceso de esterilización como el tratamiento comercial de rutina está normalizado a través de estándares internacionales, lo que permite una armonización de criterios en todos los países que lo aplican, sin obstáculos regulatorios cuando se pretende

exportar y/o importar productos. La alta penetración de estos procedimientos permite esterilizar materiales de distintas densidades y espesores; el proceso es seco y no genera calor ni deja residuos en los productos tratados”, detalla la Mgter. Celina Horak.



Centro de Irradiación «Sterion» en Rusia

Según estimaciones de la Corporación Estatal Rusa de Energía Nuclear Rosatom, la cuota de este mercado en términos globales es de 70-80% en promedio.

La esterilización por radiación supone la inactivación biológica de las bacterias contenidas en los productos, y no implica radiactividad residual. Es importante advertir que los productos no estériles pueden conducir a los pacientes a infecciones graves e, incluso, la muerte.

### Irradiación de productos alimenticios Menos desechos, mayor calidad y salud garantizada

La conservación de productos es la tarea más importante de la industria alimenticia. Las estadísticas mundiales evidencian que cada año se pierde entre un 20% y 45% de alimentos frescos. Frente a esta situación, los métodos de irradiación se posicionan como una alternativa eficiente que además reducen los riesgos de contraer *Enfermedades Transmitidas por los Alimentos* (ETA) al eliminar bacterias patógenas y parásitos. “La irradiación de alimentos es una tecnología que mejora la seguridad y la vida útil de los alimentos mediante la disminución o la eliminación de los microorganismos e insectos, o bien retardando procesos



Centro de Irradiación «Sterion» en Rusia.

fiológicos de deterioro de productos vegetales. Son numerosos los beneficios que ofrece la aplicación de las radiaciones ionizantes en la prevención de las enfermedades transmitidas por alimentos, y en la reducción de las pérdidas y el desperdicio de alimentos en las etapas sucesivas de la cadena de suministro”, señala la Mgter. María Constanza Cova, Responsable de la Sección Irradiación de Alimentos del Departamento Procesos por Radiación (GAATN-CNEA-Arg.). Estos procedimientos no convierten a los alimentos en radiactivos, ni reducen su valor nutricional. Tampoco alteran sus cualidades organolépticas ni su apariencia. No sólo no afectan a la salud de las personas sino que –bajo los estándares establecidos- son recomendados por OMS y FAO. En efecto, ambas destacan –en una publicación titulada “LA IRRADIACION DE LOS ALIMENTOS: Una técnica para conservar y preservar la inocuidad de los alimentos” (Ginebra, 1989)- “el amplio papel de la irradiación de los alimentos en la lucha contra dos de los principales problemas relacionados con su suministro: la pérdida enorme pero evitable de alimentos por descomposición y las enfermedades y defunciones que produce el consumo de alimentos contaminados”.

En la actualidad existen más de 135 centros de irradiación en 47 países que irradian alimentos, y unos 60 estados permiten el consumo de productos irradiados. Uno de los más desarrollados del mundo en materia nuclear es la Federación de Rusia, donde la Corporación Estatal Rosatom se encarga de desplegar las más avanzadas tecnologías también en el campo de la irradiación de alimentos y la esterilización de



Industria alimenticia: Beneficios en seguridad sanitaria y extensión de la longevidad.

materiales. Rosatom cuenta con diversos centros para tales fines, incluyendo instalaciones de medicina nuclear que suponen un amplio beneficio para la población. Asimismo, la firma rusa dispone de una gran experiencia en la exportación de centros de tecnología nuclear para investigación y desarrollo, producción de radionúclidos y plantas de irradiación de elementos, lo que la convierte en líder en el mercado global.

### Capacidades de Rosatom Desde Rusia al resto del mundo

Rosatom es el único proveedor de cobalto-60 en el mercado ruso. Se encarga de la producción y suministro seguro de fuentes de radiación ionizante y de la instalación de centros de irradiación que emplean tanto radiación ionizante gamma (Co-60) como aceleradores lineales. Sus capacidades le permiten abarcar desde el diseño, ingeniería, construcción y puesta en marcha de facilidades hasta su mantenimiento y formación de recursos humanos.



Rosatom y su grupo de empresas desarrollan tecnología y aplicaciones a través de su grupo de empresas en todo el mundo.

El Centro de Irradiación Sterion en Rusia es uno de los proyectos ya ejecutados que pone de relieve la experiencia de Rosatom en la materia, siendo un ejemplo del proceso de irradiación de productos médicos con tecnología de punta. La filial de Rosatom United Corporation for Innovations se dedica a construir y equipar centros de irradiación. En base a las demandas existentes y las necesidades futuras del mercado desarrolla soluciones tecnológicas estratégicas proporcionando servicios de ingeniería con financiamientos atractivos. Se encarga de la Gestión Integral de proyectos incluyendo etapas ingenieriles, el suministro de equipos, la instalación, puesta en servicio, mantenimiento y suministro de materiales diversos.

Las principales entidades asociadas a Rosatom en el campo de las tecnologías aplicadas a radiación son el Instituto de Investigación Científica de Física Técnica y Automatización (Rusia), y el Instituto de Aparatos Electrofísicos D. V. Efremov (Rusia). El primero fabrica equipamientos tecnológicos (exportados a Vietnam, Cuba, Siria, Portugal, Bangladesh y Perú), mientras que el último produce aceleradores de haces de electrones que se han comercializado a países como Estados Unidos, Vietnam, Corea del Sur y Eslovaquia, entre otros.

Más información:  
**Olga Pustarnakova** / Movil: +55 21 99039-2366 / [pustarnakova@rosatom.com.br](mailto:pustarnakova@rosatom.com.br)

# Aplicación de la irradiación en floricultura

Por **Nélida L. del Mastro** Profesora de Tecnología Nuclear / IPEN – USP, Brasil / nlmastro@ipen.br



Las flores cortadas son una alternativa a la exportación de productos básicos por los países en desarrollo. El movimiento del comercio intercontinental de la floricultura ocurre en las siguientes direcciones: de América Central y Sudamérica hacia Norteamérica; de América Central y Sudamérica hacia Europa; de Oriente Medio hacia Europa, y de África hacia Europa (<http://www.slideshare.net/alfredorodolfo/flores-y-comercio-internacional>). Flores cortadas y plantas ornamentales deben ser desinfectadas para prevenir la introducción de plagas. El manejo de pos cosecha de flores de corte (Taylor et al., 2008) es tan importante como el manejo durante la producción (Heo et al., 2004; Nomura et al., 2009), para lo cual es esencial un sistema eficiente de transporte y distribución.

El potencial de la tecnología de irradiación en el control de insectos y otras plagas ya ha sido ampliamente demostrado (Wit & Van de Vrie, 1985). Mas la flor es un elemento de reproducción de la planta relativamente sensible a las radiaciones ionizantes, que puede inducir cambios de color en pétalos y hojas; disminución de la vida útil y vigor, desecamiento y falla de apertura de pimpollos. Hay, sin embargo, evidencias del potencial de aplicación de la tecnología de irradiación en la floricultura y para eso es necesario verificar caso por caso.

Hayashi et al., (1998) utilizaron haces de electrones para irradiar flores y concluyeron que una dosis de 400Gy fue efectiva para eliminar diferentes pestes. Diversas flores cortadas como claveles, gladiolos, tulipanes, fresas, orquídeas, lobelias etc, toleraran esa dosis, mas no fue así con otras flores como crisantemos, rosas lilas, calas e iris.

Kwon et al. (2014) estudiaron el efecto de la radiación con haces de electrones en el control de Botrytis cinerea y la calidad de rosas cortadas. Ese tratamiento fue capaz de inhibir la germinación de esporos y el crecimiento de micelios de esa plaga, siendo los valores de 50% de inhibición de 2.020 y 890Gy, respectivamente. Verificaron que algunas variedades de rosas, pero no todas, toleraban hasta 400Gy.

Osouli et al. (2011) estudiaron la sensibilidad a la irradiación gamma de algunas flores (crisantemos, claveles, gladiolos, gerberas) y verificaron que esas flores fueron tolerantes a dosis de hasta 500Gy. El mismo grupo (Osouli et al., 2013) verificó que una dosis de 300Gy era eficiente como tratamiento cuarentenario para el control de Tetranychus urticae Koch (Tetranychidae), una de las más importantes plagas que afectan flores de corte.

La integridad de las membranas de las flores cortadas, como es el caso de crisantemos (Dendranthema grandiflorum Kitamura) decrece con dosis crecientes de irradiación gamma.

Fue descripto que tratando las flores con 2% de sacarosa antes, durante o posteriormente a la irradiación gamma era posible suprimir ese deterioro (Hayashi & Todoriki, 1996; Kikuchi et al., 1998). La combinación de tratamiento por radiación y uso de soluciones preservativas que incluyan azúcar como fuente de energía, ácido para estabilizar el pH y un biocida puede ser adecuado para el tratamiento de flores cortadas de crisantemo (Kikuchi et al., 1995) o rosas (Chu et al., 2015). El azúcar puede desempeñar también el papel de sustrato respiratorio y facilitar el reparo del daño inducido por la radiación, resultando en la extensión de la longevidad de las flores (Nakahara et al., 1998).

Kikuchi (2000) mostró que flores de diversas variedades de orquídeas, por ejemplo, tienen tolerancia diversa frente a la radiación: flores abiertas de Dendrobium palenopsis toleraran hasta 200Gy, mas Cattleya soportó una dosis de 750 Gy sin presentar ningún daño.

Chu et al., (2015), a su vez, trabajando con rosas cortadas, combinó exitosamente dosis de 200Gy y uso de 70ppm de solución preservativa de dicloro isocianureto de sodio (NaDCC) para tratamiento fungicida.

Cabe también mencionar el potencial uso de dosis bajas de radiación ionizante (10-20Gy) en explantes para inducir mutaciones, como por ejemplo, para obtención de nuevos colores in vitro (Bala et al., 2013; Oates et al., 2013).

#### Referencias

- Bala M, Sing KP. In vitro mutagenesis of rose (Rosa hybrid L.) explants using gamma-radiation to induce novel flower colour mutations. J Horticult Sc Biotechnol., 88(4):462-468, 2013.
- Chu EH, Shin EJ, Park HJ, Jeong RD. Effect of gamma irradiation and its convergent treatment for control of postharvest Botrytis cinerea of cut roses. Radiat Phys Chem., 115: 22-29, 2015.
- Hayashi T, Kikuchi OK, Dohino T. Electron beam disinfection of cut flowers and their radiation tolerance. Radiat Phys Chem., 51(2): 175-179, 1998.
- Hayashi T, Todoriki S. Sugars prevent the detrimental effects of gamma irradiation on cut chrysanthemums. Hortscience, 31(1): 117-119, 1996.
- Heo JW, Chakrabarty D, Paek KY. Longevity and quality of cut 'Master' carnation and 'Red Sandra' rose flowers as affected by red light. Plant Growth Regulation, 42(2): 169-174, 2004.
- Kikuchi OK, del Mastro NL, Wiendl FM. Preservative solution for gamma-irradiated chrysanthemum cut flowers. Radiat Phys Chem., 46(4-6): 1309-1311 Part 2, 1995.
- Kikuchi OK, Todoriki S, Hayashi T. Sucrose delays membrane deterioration of chrysanthemum flowers induced by gamma-rays. Radiat Phys Chem., 52(1-6): 649-654, 1998.
- Kikuchi OK. Orchid flowers tolerance to gamma-radiation. Radiat Phys Chem., 57(3-6): 555-557, 2000.
- Kwon S, Choi GJ, Kim KS, Kwon HJ. Control of Botrytis cinerea and postharvest quality of cut roses by electron beam irradiation. Korean J Horticult Sc Technol., 32(4): 507-516, 2014.
- Nakahara K, Kikuchi OK, Todoriki S, Hosoda H, Hayashi T. Role of sucrose in gamma-irradiated chrysanthemum cut flowers. BioSc Biotechnol Biochem., 62(1): 49-53, 1998.
- Nomura ES, Lima JD, Rodrigues DS, Garcia VA, Fuzitani EJ, da Silva SHMG. Growth and yield of anthurium under different shading screens. Ciencia Rural, 39(5): 1394-1400, 2009.
- Oates KM, Touchell DH, Ranney TG. Induced variation in tetraploid Rudbeckia subtomentosa "Henry Eilers" regenerated from gamma-irradiated callus. Hortscience, 48(7):831-834, 2013.
- Osouli S, Ziaie F, Nejad KHI, Moghaddam M. Application of gamma irradiation on eggs, active and quiescence stages of Tetranychus urticae Koch as a quarantine treatment of cut flowers. Radiat Phys Chem., 90: 111-119, 2013.
- Osouli S, Ziaie F, Nejad KHI, Moghaddam M. Irradiation of cut flowers as an alternative quarantine treatment to methyl bromide. Res J Chem Environment., 15(2): 550-554, 2011.
- Taylor RD, Hill J, Grout BW. Does irrigation regime affect the post harvest quality and vase life of cut flower carnations (cv. Santorini)? Acta Horticulturae, 792: 663-668, 2008.
- Wit AKH, Van de Vrie M. Gamma radiation for post harvest control of insects and mites in cut flowers. Med Fac Landbouw. Rijkuniv. Gent, 50/2b:697-704, 1985.

# Exposición a las radiaciones ionizantes, riesgos de sus aplicaciones



Las radiaciones ionizantes RI tienen beneficiosas aplicaciones en la Industria, la Medicina y la Investigación, desde el descubrimiento de los rayos X por W.K.Roentgen en 1895 y la radiactividad por H. Becquerel en 1896. Desde entonces, talentosos investigadores ampliaron y profundizaron su conocimiento y desarrollaron sus aplicaciones.

#### Por Giménez Juan Carlos

Doctor en Medicina  
Investigador en Radiopatología

Se presentará una sucinta información sobre los efectos de accidentales sobreexposiciones.

Los físicos reconocieron que la energía sería transmitida a través del movimiento de partículas o por ondas, donde la energía depende de su amplitud. Entre las partículas, las alfa fueron identificadas como átomos de helio, con doble carga eléctrica positiva, las beta como partículas cargadas negativa o positivamente. La identificación de rayos gamma, generó algunas dificultades técnicas, pero finalmente demostraron ser ondas electromagnéticas de muy corta longitud de onda, similares a los rayos X descubiertos por Roentgen. Con el desarrollo de las investigaciones, otras radiaciones nucleares fueron descubiertas y determinadas sus propiedades, como el protón, positrón, neutrón, varias clases de mesones entre otras. La división entre partículas y ondas no ha sido tan evidente como al principio, en algunos experimentos, las ondas electromagnéticas parecen comportarse como partículas, en otras las partículas evidencian propiedades como de ondas.

Las radiaciones ionizantes representan sólo una parte del espectro electromagnético, complementado por las radiaciones no ionizantes. La transferencia de energía de las radiaciones ionizantes puede ser suficiente para superar la energía de ligadura de un electrón al átomo, como para eyectarlo, proceso llamado ionización. Cada ionización requiere el depósito de 33 eV (electronVolt), en el medio, una cantidad importante en un área muy pequeña. Es mucho más energía que la necesaria para romper la ligadura química entre dos átomos de carbono. Las radiaciones electromagnéticas, X o gamma son indirectamente ionizantes, porque entregan su energía para producir movimiento en partículas cargadas como el electrón, que secundariamente puede interactuar con la molécula "blanco" del medio. Las partículas, por ejemplo alfa y beta, interactúan directamente con las moléculas del medio, tales como las del agua. La tasa de las ionizaciones que producen al interactuar depende de la masa, carga y velocidad de las partículas. Cuando más alta es la carga de la partícula y más baja la velocidad, mayor es la posibilidad de ionización. Las partículas cargadas pesadas, como las alfa, son más ionizantes y por tanto, menos penetrantes por su gran pérdida de energía durante su recorrido.

La cantidad de energía depositada en un tejido, puede ser estimada en función de la distancia recorrida por la radiación. Así es como, las radiaciones se clasifican de alta o baja

transferencia lineal de energía TLE, indicando la alta o baja entrega de energía por unidad de recorrido. La TLE se expresa en KeV (Kiloelectronvolt) por micrón  $\mu$ , KeV/ $\mu$ .

Los efectos biológicos de las radiaciones dependen de la energía transferida por las radiaciones al tejido, y por lo tanto dependen de la TLE. Sería preferible especificar la TLE para cada radiación, pero dado los numerosos tipos de radiaciones, la comparación total experimental no ha sido fácil. Una aplicación que se ha generalizado ha sido la Eficacia Biológica Relativa, definida como "el cociente de la dosis de una radiación de referencia de baja TLE, por ejemplo los rayos X y la dosis de la radiación considerada, que producen un efecto biológico idéntico". Los valores de EBR varían con la dosis, la tasa de dosis (que se definirán posteriormente) y el efecto biológico considerado. La EBR es debida al más localizado depósito de energía, que puede afectar estructuras biológicas críticas, como el material genético, por ejemplo el ADN. La cantidad total de energía entregada en una dosis letal, por ejemplo de 7 Gy, representa la absorción de sólo 1 cal en una persona de 70 kg. En grados centígrados indica un aumento de temperatura inferior a 0,002 ° C.

Es necesario conocer el grado de penetración de los distintos tipos de radiaciones para evaluar los riesgos. Así por ejemplo, para radiaciones gamma, emitidas por ejemplo por fuentes selladas de cobalto Co60, Cesio Cs137, o Iridio Ir192, utilizadas en la industria y medicina así como los rayos X, generados por equipos ampliamente usados en Medicina y en algunas áreas industriales, se determina la penetración a partir de la llamada "capa hemireductora" HVL, definida como "la profundidad del medio que absorbe la mitad de la radiación incidente". Aunque puede ser definida en medios tales como el aluminio, cobre, plomo, para aplicaciones biológicas, la HVL se indica en agua, porque es un medio similar al tejido blando humano. En función de la energía de la radiación, se presentan los valores de la HVL para radiaciones electromagnéticas X o gamma, en cm, son por ejemplo, de:

Energía en MeV	cm de agua
0,1	4,2
0,6	7,8
1,0	9,6
5,0	23,0

Las partículas  $\beta$  o los electrones pueden ser emitidos por un radionucleído o en un acelerador. La penetración de las partículas beta en cm, es de:

Energía en MeV	cm de agua
0,1	0,015
0,5	0,16
1,0	0,40
4,0	2,30

Las partículas alfa, pesadas y con sustancial carga eléctrica, son menos penetrantes, son emitidas por radionucleídos de elevado número atómico,

Energía en MeV	$\mu$ en agua
1,0	7,2
5,0	45,0
7,0	60,0
8,0	80,0

En general las partículas con carga eléctrica como las citadas, pueden ser aceleradas, por ejemplo en aceleradores, ciclotrones. Los neutrones partículas con masa, aproximadamente similar a la del protón, pero sin carga, no pueden ser acelerados. Son producidos, por ejemplo, por fisión (inicialmente definido como el proceso por el cual el núcleo del uranio, después de capturar un neutrón se divide en dos núcleos de aproximadamente igual tamaño) o por reacción de una partícula cargada (deuterón) sobre un dado "blanco" de tritio H3, o por aceleración de deuterones en un ciclotrón sobre un blanco de berilio. Los neutrones producidos por fisión son generados en un reactor nuclear fisionando el uranio U 235.

Como los neutrones no tienen carga eléctrica son más penetrantes que un protón de la misma energía y son absorbidos por interacciones con el núcleo de los átomos del material absorbente, la mayoría es con el núcleo del hidrógeno. La penetración depende de su energía.

Las radiaciones ionizantes son emitidas también por átomos natural o artificialmente radiactivos, que pueden ser incorporados dentro del cuerpo por prescripción médica o accidentalmente, constituyendo una fuente de irradiación interna, proceso denominado contaminación radiactiva interna.

Para evaluar la exposición a las radiaciones se han desarrollado magnitudes dosimétricas específicas. Miden la energía depositada en órganos y tejidos del cuerpo.

Para relacionar la cantidad de radiación al riesgo de la misma, es necesario tener en cuenta tanto las diferencias en la eficacia biológica de las distintas radiaciones, como la diferente sensibilidad de órganos y tejidos a las radiaciones. El desarrollo de las magnitudes dosis equivalente efectiva y dosis efectiva ha contribuido significativamente a la protección radiológica, pues ha permitido sumar la dosis de la exposición de todo o parte del cuerpo a la radiación externa de varios tipos de radiación y las incorporaciones de radionucleidos.

Dosis absorbida es la energía media impartida a la masa de tejido por la radiación, su unidad es el joule/Kg y su nombre es el gray Gy.

La Dosis Equivalente H T en un órgano o tejido T es la dosis absorbida media debida al tipo de radiación R en el órgano o tejido T, considerando el factor de ponderación de radiación w R, que es un factor sin dimensiones, por el que se multiplica la dosis absorbida en órganos o tejidos para indicar la mayor eficiencia biológica de las radiaciones de alta TLE comparadas con la de baja TLE, luego,  $H T = \sum w R D T$ , R, su nombre es el sievert Sv.

La Dosis Efectiva E es la suma ponderada por tejido, de las

dosis equivalentes de todos los tejidos y órganos especificados del cuerpo, dados por la expresión,  $E = \sum W T H T$ , su nombre también es el sievert Sv.

Con dosis bajas agudas inferiores a 100 mGy o dosis fraccionadas inferiores a 200 mSv los riesgos son los efectos denominados estocásticos, el cáncer y las enfermedades heredables radioinducidas. Estos efectos se consideran de naturaleza probabilística, no tienen umbral y su frecuencia de aparición son proporcionales a la dosis.

Con dosis altas se inducen reacciones tisulares o efectos determinísticos, debidos principalmente a la muerte o alteraciones funcionales celulares, caracterizadas por un umbral de dosis. Las reacciones tisulares tempranas, de horas, días, semanas, pueden ser de tipo inflamatorio, como consecuencia de la liberación de factores celulares o por pérdidas de células. Las reacciones tisulares tardías, de meses o años pueden ser del tipo genérico, si se originan como consecuencia directa del daño a ese tejido. Otras reacciones tardías pueden ser del tipo secuencial, si son consecuencia de un daño celular temprano.

Dosis umbrales estimadas para el 1% de morbilidad en tejidos y órganos de adultos expuestos a dosis agudas y fraccionadas.

Efecto	órgano/tejido	Dosis aguda (Gy)	órgano/tejido
Esterilidad permanente	testículo	6	< 6
Esterilidad permanente	ovario	3	6
Depresión hemopoiética	médula ósea	0,5	10-14
Eritema	piel	3-6	30
Depilación	piel	4	no conocida
Cataratas	ojo	0,5	0,5
Neumonitis	pulmón	6	18
Insuficiencia renal	riñón	7-8	18
Gastroenterocolitis	estómago/intestino	6	45
Disfunción endocrina	tiroides	>18	no conocida
Disfunción endocrina	hipófisis	<10	no conocida
Defectos cognitivos	cerebro	1-2	< 20
Necrosis	cerebro	no conocida	55-60

Dosis umbrales para mortalidad en adultos expuestos en forma aguda y fraccionada:

Efecto	órgano/tejido	Dosis aguda (Gy)	órgano/tejido
Síndrome hemopoiético	médula ósea	2-3	10
Síndrome gastrointestinal	intestino delgado	6	40
Neumonitis	pulmón	7-8	15
Enferm. cardiovascular	corazón	0,5	0,5
Enferm. cerebrovascular	arteria carótida	0,5	0,5

Las dosis umbrales necesarias para provocar efectos determinísticos se producen en situaciones accidentales. Su frecuencia es baja debido a la aplicación de las Recomendaciones de Protección Radiológica desarrolladas por un grupo de expertos de la ICRP International Commission on Radiological Protection, fundamento de las Normas Básicas de los países que las adoptan. Sus características principales, muy sintéticamente son:

#### Adoptar los tres principios fundamentales de la protección radiológica del ICRP:

1. Justificación: determinar si una actividad planificada con exposición a las radiaciones ionizantes es en general beneficiosa, es decir si los beneficios a las personas y la sociedad por aplicar la actividad compensan el daño resultante.
2. Optimización de la protección es establecer el nivel de protección y seguridad de las exposiciones para que **sean tan bajas como fuesen razonablemente alcanzables**.
3. Límite de dosis: valor establecido de la dosis efectiva o

equivalente, recibida por trabajadores y público, que no debe ser excedida.

Para los trabajadores el límite de dosis efectiva es de 20 milisievert en un año, mSv/año, valor promedio en 5 años consecutivos, no pudiendo excederse en un sólo año de 50 mSv, en tanto que el límite de dosis equivalente para el cristalino es de 20 mSv/año y de 500 mSv/año para la piel. El límite de dosis efectiva para el público es de 1 mSv/año y los límites anuales de dosis equivalente son de 2 mSv para el cristalino y de 50 mSv para la piel. Los límites de dosis no se aplican a las dosis debidas a exámenes o tratamientos médicos. Se debe desarrollar un marco conceptual para demostrar la protección radiológica del medio ambiente.

A pesar de las medidas de protección radiológica que se implementan, pueden ocurrir accidentes radiológicos, aunque han ocurrido con baja frecuencia. Pueden ocurrir en instalaciones y el medio ambiente. Sus causas pueden ser el mal funcionamiento de equipos, daños mecánicos, incendios, y muchas veces el error humano.

Según el registro del Organismo Internacional de Energía Atómica, OIEA del 2007 se registraron los siguientes números de accidentes radiológicos, según tipo e intervalo de años:

Tipo	1945-65	1966-86	1987-07	Total
Nuclear	13/42	34/123	3/2	50/167
Industrial	0/8	3/61	6/51	9/120
Médica	?	4/470	42/153	46/623
Investigación	0/2	0/22	0/5	0/29
Fuentes huérfanas	7/5	19/98	16/205	42/308
Totales	20/57	60/774	67/416	147/1247

Una enumeración de los distintos tipos de accidentes según su origen, formas y dosis involucradas nos permitirá tener una mejor apreciación de lo ocurrido.

De acuerdo con United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation UNSCEAR 2008, volumen II: son accidentes que han ocasionado tempranos efectos agudos como resultado de accidentes o actos maliciosos.

Desde 1945 al 2007, 35 graves accidentes ocurrieron en instalaciones nucleares. De los 35 accidentes, 24 ocurrieron en instalaciones relacionadas a investigaciones sobre armas nucleares y el desarrollo, producción y reprocesamiento de combustible nuclear. Otros accidentes han ocurrido en la investigación de reactores de potencia. Excluyendo el accidente de Chernobyl en 1986, se produjeron 32 muertos en instalaciones nucleares y 61 trabajadores han padecido lesiones agudas. La incidencia de accidentes en estas instalaciones ha disminuido, sólo un accidente de criticidad (reacción nuclear en cadena que se autosostiene, pero con menor rigor se refiere a estados con mayor reactividad, como en este informe) ha ocurrido en los últimos 20 años, con la muerte de dos trabajadores.

En instalaciones industriales que usan fuentes de radiación, aceleradores y equipos de rayos X han ocurrido 80 accidentes. En estos accidentes se produjeron 9 muertos y 120 lesiones, predominantemente en manos, muchas de las cuales padecieron amputaciones.

Desde 1960, 34 accidentes han sido atribuidos a la pérdida o abandono de fuentes de radiación, llamadas "fuentes huérfanas", que han provocado 42 muertes en miembros del público, incluyendo algunos niños. El número de accidentes ha aumentado en los últimos 20 años. En 6 accidentes las fuentes fueron unidades médicas de radioterapia.

En laboratorios de investigación, desde 1960 ocurrieron 22 accidentes, pero dentro de los últimos 20 años 4, la mayoría con lesiones en manos.

El OIEA considera que hay un subregistro de accidentes

asociados con el uso médico de radiaciones en el diagnóstico y tratamiento. Han sido relativamente pocos los accidentes registrados, considerando el gran número de prácticas radiológicas realizadas anualmente en todo el mundo. Desde 1967 se han registrado 32 accidentes, con 46 muertos y 623 personas con efectos agudos. La demora en reconocer errores de procedimiento indujo a que un elevado número de personas hayan sido lesionadas. En el área médica las subexposiciones pueden también provocar serias consecuencias en los pacientes.

El extenso transporte civil de material radiactivo, no está asociado a lesiones inducidas por radiación. Accidentes han ocurrido durante el transporte militar de material radiactivo. Algunos causaron la pérdida de vidas, aunque no debido al material radiactivo. Un limitado número de vuelos espaciales que transportaban material radiactivo, se han incendiado o estallado al reentrar en la atmósfera terrestre y han dispersado significativa cantidad de material radiactivo en el ambiente, aunque no hay documentos que evidencien alguna sostenida injuria temprana.

Algunas consideraciones sobre las consecuencias en algunos de los accidentes de las distintas áreas de aplicación de las radiaciones nos permiten conocer lo particularmente ocurrido. Se produjeron 23 accidentes de criticidad vinculados a programas con bombas nucleares que no han sido incluidos en el registro de OIEA del 2007.

En 1983, ocurrió en el CAC, Centro Atómico Constituyentes, Argentina, un accidente de criticidad, al intentar el operador cambiar la configuración del núcleo, sin drenar el agua del moderador. El operador recibió 43 Gy de radiaciones gamma y neutrones y falleció a las 48 horas. Este accidente y otros dos ocurridos en la URSS han sido los que padecieron las dosis más altas, en este tipo de accidente.

El accidente de la planta nuclear de Chernobyl en 1986 fue el más severo de los ocurridos en la industria nuclear civil. Altas dosis recibieron 134 trabajadores de la planta, siendo mortales 28 de ellos. El accidente produjo la mayor liberación de material radiactivo al ambiente, 1760 PBq (peta becquerel), (1PBq = 27 KCi) de I131 y 86 PBq de Cs137.

Dispersó material radiactivo en una gran área de la Unión Soviética y en algunos otros países europeos, contaminando la tierra, el agua y la biota.

El consumo de leche contaminada con yodo I 131 en las primeras semanas posteriores al accidente produjo dosis en tiroides estimadas, hasta de 5 Gy en la población de Rusia, Bielorusia y Ucrania. En distintos países se evaluó además la patología tiroidea en niños de la región, como efecto residual del accidente. En Argentina Yaker Valle I, Degrossi OJ, Altschuler N, Lockhart S y Lockart L, Rev.Arg. Endocrinol. Metabol. vol.31, n°4, 1994, han demostrado como efecto de la sobreexposición por la incorporación de I - 131, un alto porcentaje de niños con bocio, con tendencia a la disminución de tiroglobulina, estimando la posibilidad de hipofunción y la formación de tumores benignos y malignos, tal como posteriormente se comprobó. El accidente ocurrido en Goiania se produjo con una fuente de Cs137 de 50,9 TBq (1 TBq=27 Ci) de una clínica de radioterapia abandonada y robada por dos jóvenes que la desmantelaron y rompiendo la cápsula dispersaron el polvo del Cs137 en la ciudad. Se monitorearon 110.000 personas y se hallaron 249 personas contaminadas externamente y 129 contaminadas internamente, 50 de ellos fueron internados, 14 padecieron el SAR( Síndrome Agudo Radiación) y 4 fallecieron. Requieren descontaminación 85 viviendas, 7 de las cuales fueron demolidas. El accidente generó 3134,5 m<sup>3</sup> de residuos radiactivos. El accidente de Panamá, 2000, en un instituto de radioterapia se debió a un error de cálculo en los tiempos de exposición,

razón por la cual 28 pacientes recibieron dosis más altas que las prescritas. Se ha considerado que al menos 5 muertes se han debido a la sobreexposición.

Para tratar los pacientes sobreexpuestos es condición planificar y preparar la respuesta, de acuerdo con el riesgo estimado en la instalación, tareas que implementan especialistas en Radiodosimetría del área de la Radioprotección de acuerdo con el plan establecido, según su severidad, por los organismos nacionales involucrados en emergencias. Ellos implican, en síntesis, de disponer de:

- Un informe de las potenciales situaciones accidentales
- Una lista de los especialistas necesarios, básicamente en las áreas de emergencia, radiodosimetría, biodosimetría y médicos capacitados en radiopatología.
- Cursos de acción: responsabilidades, prevención de la progresión, restauración, niveles de intervención (asistencia, aislamiento, retorno a la normalidad).

#### Consideraciones básicas en Radiopatología

La intervención médica requiere: solicitar información de la evaluación radiológica inicial de las víctimas/tratar de correlacionar la distribución geométrica de dosis en todo o gran parte del cuerpo con los mecanismos radiopatológicos, orientados con los marcadores de la biología molecular / tratar prioritariamente la injuria de funciones vitales / clasificar la sobreexposición: en irradiación externa ( en todo el cuerpo, parcial o localizada ) o contaminación ( externa, interna, ambas ) o irradiación externa y contaminación interna ) o sobreexposición complicada , con irradiación externa, contaminación interna y lesión convencional.

Es decir que debemos proyectar sobre un esquema del cuerpo humano, la superposición sobre todos los órganos de las curvas de dosis y las dosis umbrales agudas de los distintos órganos, para orientar nuestro pensamiento sobre los mecanismos que intervienen en la evolución de la severidad del daño.

#### Son prioridades de la respuesta médica:

- I. Aplicar las primeras medidas sobre funciones vitales: reanimación cardiopulmonar / control de la hemorragia / estabilización de fracturas.
- II. Decidir si es necesario o no derivar a un centro médico especializado en la emergencia con especialistas en radiopatología para coordinar la asistencia.
- III. Extraer temprano muestras para análisis hematológicos, HLA, radioquímicos, biodosimétricos.

#### Prioridades de la intervención:

- I. Iniciar apoyo psicológico de las víctimas
- II. Comenzar el registro cronométrico de la signosintomatología y parámetros biodosimétricos de cada víctima
- III. Contrastar continuamente los registros biomédicos con las evaluaciones radiológicas dosimétricas de cada víctima.

#### Analizar las reacciones tisulares tempranas, en horas o semanas, según la dosis:

- Inflamatorias con cambios de permeabilidad (eritema), con pérdida celular (mucositis y descamación de la epidermis)
- Esterilización de células madres y progenitoras, según el tipo de radiación, de baja o alta TLE, y la dosis
- La despoblación celular depende del T1/2 de las células maduras.

#### Analizar las reacciones tisulares tardías, en meses o años

- Consecuencia de daño sobre células funcionales con baja tasa de renovación y a disfunciones del sistema de señalización celular
- Genéricas por daño del tejido “blanco”, como oclusión vas-

cular por irradiación fraccionada con necrosis tisular profunda – Consiguiente consecuencia de reacciones tempranas (denudación severa de la dermis) e infección crónica/constricciones intestinales por severas úlceras de la mucosa.

Dosis agudas en todo o gran parte del cuerpo, definen las distintas formas del SAR Síndrome Agudo de Radiación, sus efectos y el potencial tiempo de muerte.

Con radiaciones con baja TLE Transferencia Lineal de Energía, X, gamma , depende de la dosis, tasa de dosis y volumen irradiado. Con alta TLE son más frecuentes y severos por unidad de dosis los valores de EBR (Eficacia Biológica Relativa).

Dosis (Gy)	Efecto	Tiempo (días)
Síndrome hemopoiético	médula ósea	30-60
Síndrome gastrointestinal	intestino delgado	7-20
Neumonitis	pulmón	60-150
Enferm. cardiovascular	corazón	7- 60
Enferm. cerebrovascular	arteria carótida	< 5

#### En caso de exposición del embrión y el feto, debemos tener presente que:

- I. En el periodo de preimplantación, el embrión es radiosensible a efectos letales con dosis de decenas de mGy.
- II. Durante el periodo de organogénesis, se estima una dosis umbral de 100 mGy, para radioinducir malformaciones.
- III. Durante la 8 a 15 semana, posterior a la fecundación, se estima una dosis umbral de 300 mGy para la inducción de retardo mental severo.

Para la evaluación de sobreexposiciones en todo o gran parte del cuerpo con altas dosis y tasa de dosis : La dosimetría de la irradiación externa e interna dispone de la Biodosimetría, que aunque no especifica el área sobreexpuesta, estima la dosis y la fracción del cuerpo expuesta a partir de curvas de calibración con distintos tipos de radiaciones , mediante la determinación de la frecuencia de aberraciones cromosómicas, dicéntricos, en linfocitos de sangre periférica, entre otras alternativas citogenéticas. Si hubo la posibilidad de estimar la dosis por radiodosimetría, su comparación con la dosimetría citogenética, nos orienta a una mejor interpretación del diagnóstico. Cuando más alta es la dosis, mayor es la velocidad de cambio de las manifestaciones clínicas de los órganos afectados. Las posibilidades terapéuticas tienen chance en la forma cutánea, según la dosis y el volumen del cuerpo sobreexpuesto, con injertos y según las circunstancias, la promisoría indicación de trasplante de células madres mesenquimales; en la forma hematopoiética, básicamente con citoquinas y eventualmente el trasplante de células madres hemopoiéticas, si se comprueba ausencia de complicaciones en los otros tejidos, y, en la forma gastrointestinal, en los grados leves y moderados, controlando la infección, y medicación antimotilidad y antisección. Es promisoría la indicación de factores de crecimiento como la IL11, KGF, GH,IGF1 y ITF. Para lograr la respuesta médica es necesario mínimamente, mantener los grupos de especialistas en emergencias radiológicas , la formación de médicos en Radiopatología y disponer de hospitales preparados para la asistencia de los distintos tipos de sobreexposiciones radiológicas, integrados dentro de un sistema nacional de emergencias radionucleares.

Para las formas más severas, en cualquier momento los avances en las investigaciones en curso en radiopatología, biología molecular, biología de trasplantes, farmacoterapia y física médica, entre otras disciplinas, nos han de aportar nuevos medios.

# Evaluación sensorial y evolución de parámetros microbiológicos en hamburguesas procesadas comercialmente sometidas a irradiación

En el ámbito del Comité Nacional de Irradiación, el Laboratorio Tecnológico del Uruguay y el Instituto Nacional de Carnes, con el apoyo del Organismo Internacional de Energía Atómica, promueven trabajos de aplicación de la tecnología de irradiación como una herramienta tecnológica factible de ser aplicada.

Por Paula Mussio<sup>(1)</sup>, Alejandra Soria<sup>(1)</sup>, Pablo Formento<sup>(2)</sup>, Nancy Denis<sup>(2)</sup>, Anibal V. Abreu<sup>(1)</sup>,

(1) Laboratorio Tecnológico del Uruguay / (2) Instituto Nacional de Carnes

Para definir la dosis a aplicar se utilizaron muestras artificialmente contaminadas con *Escherichia coli*, y se estudió su disminución en función de los diferentes tratamientos aplicados. También se consideró necesario encontrar la relación adecuada entre la dosis aplicada versus características sensoriales, a efectos de detectar posibles cambios en las características sensoriales del producto.

Finalmente, con este trabajo se pretende poner de manifiesto una vez más los beneficios del uso de la energía ionizante cómo método de eliminación de microorganismos patógenos en alimentos, y específicamente en hamburguesas de consumo nacional. Para ello se ensayaron los tres tipos más comunes de formulaciones de hamburguesas producidas por empresas nacionales. Las principales diferencias entre los tres tipos de hamburguesas radican, en los establecimientos elaboradores, en la cantidad de proteína de soja presente en cada formulación, y en menor medida, en cuanto a sus pesos y dimensiones

La irradiación se realizó en la Unidad de Irradiación de LATU - Equipo Irradiador Modular EMI-9 de origen argentino, con fuente de Cobalto-60 y contenedores cilíndricos de aluminio con 23 litros de capacidad. La medición de la dosis se realizó con dosímetros de alanina, basado en ISO/ASTM 51607:2013 utilizando un Espectrómetro de Resonancia Paramagnética modelo Miniscope MS400 marca Magnetech. Los recuentos de *Escherichia coli*, aerobios totales y enterobacterias se realizó mediante la metodología de recuento automatizado TEMPO EC, TVC y EB (BioMérieux, FR), respectivamente.

#### Resultados y discusión

Se inocularon 42 hamburguesas de cada tipo tomadas al azar durante el mismo día de producción. De esta manera se obtienen tres grupos de hamburguesas para ser irradiadas A (12% soja), M (2% soja) y C (0% soja). La suspensión de inoculación contenía una carga de *Escherichia coli* de aproximadamente 5 log (105 UFC/g) Se aplicaron seis dosis de irradiación: 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 1.25 y 1.5 kGy. Los resultados de recuentos para *E coli* se analizaron 1 día post irradiación Tabla 1. A partir de estos resultados y en base a la dosis reportada para *Escherichia coli* O157: H7 en carne de 0.25kGy (Xuetong et al) se elige como tratamiento la dosis de 1.8kGy, este tratamiento implica trabajar con una dosis capaz de reducir siete órdenes logarítmicos una carga inoculada de *Escherichia coli* O157:H7

#### Efecto del tratamiento escogido en la calidad comercial

Se analizaron 180 (ciento ochenta) hamburguesas las cuales se dividieron en seis grupos. Se trabajó con un panel de consumidores evaluando el producto cocido, sometiendo las muestras irradiadas y control a la metodología de Test Triangular basado en ISO 4120:2004), con el objetivo de comprobar que no existan diferencias entre las hamburguesas tratadas y sin tratar.

Como resultado los consumidores no detectaron diferencias significativas ( $\alpha=0,05$ ) entre las muestras irradiadas a 1.8kGy y las muestras sin irradiar, este comportamiento fue igual para los tres tipos de hamburguesa: A, M y C. Una vez ensayada la dosis de 1.8 kGy donde los consumidores no percibieron diferencias se procede a evaluar el comportamiento de las mismas a lo largo del tiempo.

Se determinó la influencia de la dosis de irradiación seleccionada en la evolución de los parámetros microbiológicos y la calidad sensorial, hasta alcanzar un porcentaje de rechazo superior al 50 por ciento. La evaluación sensorial se realizó por medio de un panel de consumidores que evaluó muestras cocidas, simultáneamente en la misma sesión se le formulaba la siguiente pregunta: ¿consumiría usted este producto?: si/no, calculando de esta manera el porcentaje de rechazo.

Cada consumidor degustó un cuarto de hamburguesa y evaluó el agrado general de la muestras a los 1, 50, 100, 180 y 280 días, utilizando una escala hedónica de nueve puntos (1: me disgusta mucho, 9: me gusta mucho). Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 3.

Los porcentajes de rechazo se mantuvieron estables, excepto en las muestras A que mantienen una baja aceptación y alto rechazo desde el inicio del estudio. En muestras tipo C y M, no se alcanzó durante el periodo de estudio porcentajes de rechazo superiores al 50%, preestablecido como límite del estudio. Las muestras C y M con y sin tratamiento, mantuvieron un comportamiento similar de aceptación durante el periodo de estudio con valores promedio de 6.5).

De forma simultánea a la evaluación sensorial, las muestras A, M y C irradiadas a 1.8kGy fueron evaluadas analizando los valores de recuentos bacterianos de enterobacterias (UFC/g) y aerobios mesófilos (UFC/g) a diferentes tiempos de almacenamiento: 1, 100, 180, 280 días post irradiación. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 4.

Se observa que en todos los casos las muestras irradiadas

mostraron un recuento inferior a las muestras no irradiadas, evidenciando el efecto buscado al aplicar este tratamiento. El efecto de la radiación es notorio en los recuentos de enterobacterias en las muestras C, donde existen diferencias significativas entre las irradiadas y las control a lo largo del estudio, evidenciándose también en el recuento de aerobios mesófilos. Finalmente, la aplicación de una dosis de 1.8kGy es efectiva para reducir la contaminación intrínseca de hamburguesas congeladas, asimismo el grado de aceptación de las hamburguesas irradiadas es bueno y los consumidores no perciben diferencias entre muestras que han sido tratadas con energía ionizante y las que no han sido tratadas. El uso de la tecnología de irradiación es una herramienta factible de ser utilizada en hamburguesas reduciendo el riesgo asociado a la presencia de microorganismos no deseados.

Tabla 1. Valores de los recuentos de E. coli (UFC/g) obtenidos en muestras inoculadas con aproximadamente 1.0E+05 UFC/g, post irradiación

Tipo de hamburguesa	Dosis (kGy)						
	0	0.25	0.50	0.75	1.0	1.25	1.5
Nuclear	7.7E+04	1.0E+02	<100	<10	<10	<10	<10
Industrial	7.5E+04	3.3 E+02	<100	<10	<10	<10	<10
Médica	1.0E+05	3.6 E+02	<100	<10	<10	<10	<10

Tabla 2 Valores de los recuentos de E. coli (UFC/g) obtenidos en muestras inoculadas con aproximadamente 1.0E+07 UFC/g, post irradiación.

Tipo de hamburguesa	Dosis (kGy)					
	0	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40
C	4.1 E+07	5.3 E+05	<1.0E+05	<1.0E+04	<1.0E+04	<1.0E+04

Tabla 3 Aceptabilidad de hamburguesas irradiadas y sin irradiar, a lo largo del tiempo y porcentaje de rechazo.

Formulación	Tiempo de almacenamiento (días)	Agrado general		% Rechazo	
		Irradiado	No irradiado	Irradiado	No irradiado
A	1	3.9	3.7	76.5	70.6
	50	4.7	---	45	---
	100	3.4	3.15	80	80
	180	4.5	4.9	61.3	45.2
	280	3.3	---	78.1	---
C	1	6.8	5.8	15.2	24.2
	50	5.9	---	24.3	---
	100	6.5	6.2	15	15
	180	6.5	6.1	17.8	17.8
	280	6.7	---	3.1	---
M	1	6.0	6.3	23.3	16.7
	100	5.7	5.9	29.6	25.9
	180	6.6	6.5	16.7	19.4
	280	6.5	6.4	17.2	19.9

Tabla 4 Evolución de los valores de recuentos de enterobacterias (UFC/g) y aerobios (UFC/g), en hamburguesas irradiadas y sin irradiar.

Formulación	Tiempo de almacenamiento (días)	Recuento Enterobacterias (UFC/g)		Recuento Aerobios mesófilos (UFC/g)	
		Irradiado	No irradiado	Irradiado	No irradiado
A	1	<10	21	1.90E+02	1.00E+04
	100	<10	21	<100	2.60E+03
	180	<10	21	100	2.50E+03
	280	<10	<10	<100	2.30E+03
C	1	<10	1.80E+03	2.75E+03	1.55E+05
	100	<10	2.60E+03	3.20E+02	1.20E+05
	180	<10	2.50E+04	100	1.45E+05
	280	<10	7.70E+02	100	2.40E+04
M	1	<10	<10	5.00E+04	2.00E+05
	100	<10	<10	<1000	5.50E+03
	180	<10	<10	<100	2.00E+03
	280	<10	<10	1.00E+02	1.45E+03

Más información:  
Laboratorio Tecnológico del Uruguay  
www.latu.org.uy / irradiacion@latu.org.uy

Instituto Nacional de Carnes  
www.inac.gub.uy



Instalaciones del Irradiador Experimental EMI-9 de LATU



Instalaciones del Irradiador Experimental EMI-9 de LATU



Hamburguesas irradiadas

# La ingeniería civil brindando respuestas a industrias en constante evolución

Martorell Construcciones es una empresa de ingeniería y construcciones con una trayectoria cimentada sobre bases éticas y profesionales que le han valido posicionarse y consolidarse entre los líderes del sector. Estructuras metálicas, pisos industriales, movimientos de suelos, obras de hormigón de elaborado, son algunas de las especialidades. Entre sus clientes cuenta con firmas como Toyota, Ferrum, Merck, Molino Río de la Plata e Ionics, entre otras. En esta entrevista, el titular de la firma, el Ingeniero Edgardo Martorell nos cuenta las claves y principios que resultaron trascendentes para el crecimiento de su empresa.

## ¿Sobre qué valores profesionales o éticos se ha construido Martorell Construcciones?

Ante todo, esfuerzo y compromiso. Martorell Construcciones fue iniciada junto a mi padre, y hoy se proyecta hacia el futuro con el aporte de mis hijos. Los valores personales, profesionales y empresarios son en gran medida un legado que se consolida con cada nueva oportunidad de demostrar la capacidad de compromiso y la voluntad de asumir responsabilidades.

## ¿Cómo puede interpretarse el éxito profesional de su empresa en el contexto argentino de los conflictivos vaivenes de sector de los últimos decenios?

El éxito de Martorell Construcciones no fue algo casual o encontrado, fue una búsqueda concreta surgida de nuestra voluntad de superación.

Ha sido un camino de perseverancia, responsabilidad, compromiso social y humildad.

Desde el inicio me interesé por comprender el contexto laboral y profesional argentino a través de la lectura de la historia social y económica. Comencé luego una serie de viajes (concretamente doce viajes) que me permitieron comprender lo que había estudiado. Entonces, desarrollé una estrategia de gestión basada en lo que interpreté que era la realidad cultural y económica del país. Luego, el desafío fue ajustar los programas de gestión a las posibilidades de mi presupuesto e inversión.

Así explicado puede parecer un proceso esquemático, pero fue realmente una manera de plantarse frente a una realidad compleja y hacerle frente con responsabilidad y entrega. Fue así como logramos nuestro actual posicionamiento.

## ¿Cuál considera que fue su aporte profesional o ético al proyecto iniciado con su padre y cuál considera que es el de sus hijos que hoy lo acompañan en el mismo camino?

Dirigir una empresa requiere de sabiduría para convocar a quien se necesita. Los recursos humanos que se incorporen deben atravesar un proceso de asimilación y adecuación a los valores y objetivos institucionales, en cambio cuando se trata de una empresa familiar, los valores suelen estar legados por la tradición de trabajo familiar, por lo que es normal que el compromiso e identificación con las metas sea total. Se requiere, por supuesto, buscar el equilibrio desde la

unión de sus integrantes como núcleo de vida, pero apuntando siempre a la profesionalización de los procesos y las relaciones.

## ¿Cuál considera que fue la obra, o el momento emblemático clave en su desarrollo profesional?

Como ya dije, la dimensión y complejidad de las obras fue creciendo en forma gradual. La realidad y exigencia misma de cada nueva obra nos fue posibilitando mejorar e implementar nuevos sistemas de trabajo.

El mayor desafío para la dirección de una empresa es creer en las metas y concentrarse en lograrlas mientras se trabaja para el cliente.

## De las charlas previas a la entrevista ha surgido el especial vínculo que establece con sus clientes ¿Es posible establecer vínculos profesionales empáticos con directivos industriales de tan alto nivel de exigencia?

No sólo es posible establecer vínculos empáticos, sino que resulta esencial cuando uno entiende la relación del contrato como una continuidad de la necesidad del cliente. Este es el primer y fundamental nexo con el cliente. Logrado esto, el cliente deja, de alguna manera, de existir y se convierte en un compañero de trabajo con el cual se lograrán los objetivos que plantea el proyecto.

## ¿Cuál es el secreto para establecer ese tipo de vínculos y cómo influyen en el desarrollo del proyecto?

No es ningún secreto. Al entender la necesidad del cliente y la exigencia de la obra, y al asumirla como propia, las prioridades se ordenan automáticamente. Pero no basta con la actitud o la intención, hay que tener la capacidad de ordenar y jerarquizar cada iniciativa en un plan de trabajo efectivo que redunde en beneficios para el cliente y oportunidades de mejora en la propia estructura de trabajo. Esto sólo se logra a través de los conocimientos y experiencia profesional.

## ¿Qué opinión le merece el desarrollo industrial en Argentina de los últimos 30 años a la luz de la experiencia en las obras realizadas? Es decir, considerando su experiencia y trayectoria como un tipo de muestreo.

Argentina ha vivido muchos procesos cíclicos en donde la tan anhelada industrialización era una meta que parecía nunca terminar de concretarse.

Somos una sociedad joven y con mucho entusiasmo, y

necesitamos encontrar la madurez que nos aporte un mayor equilibrio.

**¿Con qué infraestructura y maquinarias cuenta Martorell para encarar las grandes obras de infraestructura industrial que acomete? ¿Y con qué recursos humanos cuenta en el nivel profesional y operativo?**

Martorell Construcciones cuenta con planta de hormigón elaborado propia, maquinaria para el movimiento de suelo, camiones volcadores y camiones mixer para hormigón, máquinas para ejecución de pisos industriales, taller de estructuras metálicas y todo lo necesario para ejecutar una planta industrial llave en mano.

Nuestros recursos humanos poseen una amplia experiencia en obra industrial, avalados por nuestros veintisiete años de trayectoria.

**En los últimos años, se ha visto una evolución en el desarrollo y diseño de estructuras metálicas y reticulados para galpones industriales, ¿qué desafíos constructivos acompañaron esa evolución?**

La evolución de las estructuras de las obras industriales ha buscado mejorar la productividad y maximizar los recursos productivos. Un ejemplo de esto son las soluciones de estructuras de alma llena.

Las plantas industriales de hoy distan mucho de ser los galpones de tipología genérica tan comunes en las décadas precedentes. Hoy las empresas aspiran a comunicar sus perfiles institucionales y valores corporativos desde la arquitectura e ingeniería de sus edificios.

Además hay legislaciones, normas y estándares industriales cada vez más exigentes. Esto, junto al desarrollo experimentado por la industria logística en las últimas décadas, han hecho que las plantas hayan debido asumir funciones impensadas en otras épocas, como el almacenamiento en altura o la circulación interna de vehículos pesados, la incorporación de maquinarias de producción de última generación, robótica, controles especiales, espacios reservados, etc.

Todo esto exige la concepción de la obra como un todo integral. Las estructuras no son ajenas a estos procesos y necesidades.

**¿Cómo se canaliza comercialmente el valor diferencial que implica ser un especialista en hormigón elaborado?**

Es una ventaja competitiva que permite tener mayor control sobre la obra. Para el cliente, trabajar con un proveedor que no terceriza la elaboración de hormigón, se traduce en una mayor confiabilidad y una mejor gestión financiera de la obra.



Encofrado del bunker de irradiación. Muros de H<sup>o</sup> de hasta 2 m de espesor.



Tinglado en altura.

Foso de 7 metros de profundidad para la pileta de blindaje de bunker

**Cómo se acuñó el concepto bandera del estudio de “ingeniería del detalle”?**

Fue un leitmotiv surgido de nuestra política profesional de dar lo mejor de nosotros mismos y probarnos al máximo en cada desafío, en cada parte de la obra.

La ingeniería del detalle surge de un minucioso estudio en la concepción y desarrollo de cada etapa de obra. La ingeniería del detalle es determinante para el éxito de la obra.

**El movimiento de suelos y los pisos industriales son dos rubros que han sufrido un extraordinario desarrollo en los últimos años. ¿Qué podría comentarnos al respecto?**

El desarrollo industrial y la competitividad necesaria para subsistir en los mercados internacionales ha llevado a que la industria busque maximizar sus posibilidades. Las plantas industriales y la logística industrial reflejan esta exigencia. Por ejemplo, los procesos de paletización de la mercadería en altura para su almacenamiento temporal utilizan maquinarias que deben desplazarse por pisos extremadamente planos, y su materialización requiere de una tecnología y mano de obra especializada.

**¿Qué puede decirnos de su experiencia en la construcción de la nueva planta de irradiación de Ionics S.A., que incluyó un bunker de irradiación? ¿Qué desafíos implicó el cumplimiento de un programa de obra tan ajustado?**

La Planta de irradiación de Ionics S.A. ha sido un proyecto atípico, y uno de nuestros mayores desafíos de construcción estructural por su magnitud y envergadura.

La obra requirió la construcción de una pileta de blindaje de siete metros de profundidad con el consecuente movimiento de terreno. Los muros del bunker requirieron un encofrado especial que insumió once toneladas de hierro y sesenta camiones de hormigón elaborado vaciados en colada continua con vibración para asegurar el blindaje óptimo definitivo.

El encargo de esta obra lleva implícito un reconocimiento que nos honra profesionalmente, por el cual no podemos dejar de agradecer al Ing. Daniel Peticaro, Gerente General de Ionics S.A. por la confianza depositada.

**¿Qué nuevos desafíos cree que le presentará el futuro próximo?**

La industria se vuelve cada vez más competitiva y con mayores exigencias de producción a los que es necesario responder. Nuestro desafío seguirá siendo proveer mayor especialización en consonancia con las demandas del mercado, y continuar trabajando con optimismo y entusiasmo junto a nuestros clientes.

# La utilización de la irradiación gamma en México y su estado actual

Se presentan los aspectos relevantes de las instalaciones de irradiación gamma en México, y el desarrollo de las aplicaciones de la tecnología de irradiación gamma en México en las distintas instituciones involucradas desde hace más de 40 años.

Por Miguel I. Alcérreca S.

Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), La Marquesa-Ocoyoacac, México

## 1. INTRODUCCIÓN

Desde hace 37 años la irradiación gamma con irradiadores industriales (Planta MOSCAMED 1979, ININ 1980), se viene utilizando cada vez más en México, por las ventajas que tiene sobre otros métodos de desbacterización, sanitización, esterilización, y tratamiento fitosanitario entre otros. Sus instalaciones y aplicaciones en el país abarcan diversos sectores agrícolas e industriales, desde la producción de moscas estériles, la investigación para diferentes propósitos (apoyada también desde hace más de 50 años con irradiadores autoblandados), hasta el procesamiento de una diversidad de productos frescos y deshidratados, productos para la industria farmacéutica y el sector salud, y también se tratan algunos polímeros para mejorar sus propiedades fisicoquímicas FIG. 1.1. En 1986 el Instituto de Ciencias Nucleares de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) inició la operación de un irradiador semi-industrial “Gammabeam 651PT” y en el año 2000, como resultado de la alta demanda de servicios se instaló en Tepeji del Río, Hidalgo una nueva planta de irradiación gamma con capital privado, que actualmente es propiedad de la empresa Sterigenics, se trata de una unidad multipropósito que tiene la capacidad para atender también productos frescos o deshidratados. El irradiador más nuevo en México, de la empresa Benebión inició operaciones en 2011 en Matehuala, San Luis Potosí, y está destinado principalmente al tratamiento como control fitosanitario de frutas y verduras frescas para exportación a Norteamérica, así como, para movilización hacia el norte del territorio nacional de productos hospederos de plagas. El mercado de fruta y vegetales frescos irradiados para el tratamiento fitosanitario está en crecimiento en el mundo y actualmente México presenta los mayores volúmenes de exportación hacia los E.E.U.A. por lo que una alternativa viable para reemplazar a otras tecnologías existentes (fumigación con químicos y procesos hidro-térmicos) es tener la capacidad de irradiación instalada necesaria en los lugares estratégicos, para esto existen algunas organizaciones de productores y comercializadores ya interesadas en proyectos de aceleradores de haces de electrones que sean viables de instalarse en la zona centro o en el norte del país. También hay buenas expectativas para la esterilización de productos médicos ya que el crecimiento de la demanda interna y de la industria maquiladora de dichos productos es evidente.

Algunos de nuestros irradiadores (el de la UNAM y el del ININ), han tenido que ser actualizados para poder atender la demanda actual; aunque como sabemos están limitadas por el blindaje de diseño, la modernización de la instrumentación

y control de los irradiadores para la operación de sus procesos ha hecho posible que continúen operando a niveles de mayor eficiencia. El irradiador industrial más antiguo, el JS7400 de Moscamed tendrá que ser actualizado una vez que inicie su operación el nuevo irradiador que se está construyendo en Metapa de Domínguez, Chiapas para el incremento de la producción de mosca estéril.

En este trabajo se describen cada una de las instalaciones mencionadas y sus aplicaciones, se muestra un concentrado de las características de ellas y un resumen de las mejoras realizadas en el irradiador JS6500 del ININ.



Fig. 1.1 Location of irradiation facilities in México

## 2. La Planta MOSCAMED, Chiapas

La planta MOSCAMED de la SAGARPA [1.1], inició su operación en Metapa de Domínguez en 1979 para producir insectos estériles requeridos para controlar y erradicar brotes de la mosca del mediterráneo *Ceratitis Capitata* FIG.2.1. Con la producción de 1000 millones de pupas macho por semana se puede contribuir tanto al sostenimiento de la barrera de contención fronteriza México-Guatemala; así como al avance en territorio guatemalteco de un plan gradual de erradicación (2000-5000 moscas/ha.) para alejar la plaga de las fronteras mexicanas [1.2]. La planta de PINO en Guatemala provee de 70 litros de huevo por semana para producir en la planta Moscamed 500 millones de pupas-macho de mosca del Mediterráneo estériles irradiadas a 125 Gy. La cepa TLS (de sensibilidad letal a la temperatura por sus siglas en inglés) se desarrolló al principio de la década de 1990 en los laboratorios del IAEA en Seibersdorf Austria [1.3]. En 1974 se construyó la Planta

Productora de Moscas Estériles para combatir la mosca del gusano barrenador junto al río Grijalva, a 10 kms de la capital de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez [1.4].



Fig. 2.1 Moscamed Plant, Metapa de Domínguez, Chiapas

La planta cuenta con un irradiador industrial JS7400 para la mosca del mediterráneo FIG. 2.2, un irradiador tipo batch Gamma Beam 127 para mosca de la fruta FIG. 2.3, y un irradiador autoblandado Gammacell que se describen a continuación: -Irradiador con fuente de almacenamiento húmedo modelo JS-7400 (Wet storage irradiator Category IV), diseñado y fabricado por la AECL (ahora Nordion) inició su operación en 1979. Blindaje de 3M Ci, actualmente tiene 15.2 kCi de actividad.



FIG.2.2. JS-7400 Irradiator and Control Console

- Irradiador con fuente de almacenamiento en seco modelo Gamma Beam 127, inició su operación en el 2008 (Dry storage irradiator category II). Blindaje de diseño 100 kCi, capacidad máxima de fuente 60 kCi y actualmente tiene 16 kCi de actividad. Se utiliza para esterilización de moscas de la fruta (*Anastrepha ludens*, *Anastrepha obliqua*) a dosis de 80 Gy, y para tratamiento de larvas para producción de parasitoides a dosis de 45 Gy. La producción semanal es de 600 millones de pupas y 50 millones de parasitoides.

-Gammacell 220, Autoblandado en operación desde 1982, actualmente con 82 Ci.

- 4 irradiadores Husman 521, marca "Isomedix", diseñados ex profeso para la mosca del gusano barrenador e instalados en la planta de Tuxtla Gutiérrez. Cada irradiador posee 3 fuentes de Cesium-137, doblemente encapsuladas en acero inoxidable, con una carga inicial de 46,800 Curies. Los insectos son irradiados en etapa de pupa o crisálida a 5.5 Gy, y luego son enviados a centros de distribución para dispersión aérea en los países en erradicación.

-En 2015 se inició la construcción de una nueva planta que tendrá un Irradiador Gamma FIT Automático de dos Pases. Con

esto se tendrá capacidad para tratar 1000 millones de pupas semanales.

La dosimetría de rutina es Fricke y Gafchromic.



Fig.2.3 Gamma Beam 127 irradiador

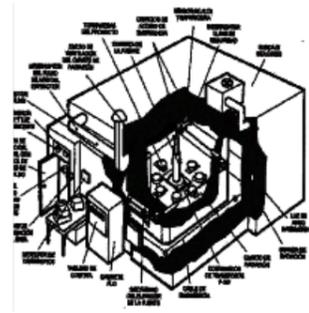
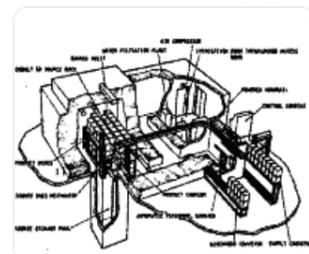


Fig. 3.1 JS 6500 Irradiator



### 3. La Planta del ININ.

Esta planta inició operaciones en 1980 como proyecto demostrativo de los usos pacíficos de la energía nuclear y diseñada por la AECL con enfoque a la esterilización de productos médicos desechables [2.1]. La infraestructura del ININ en el Centro Nuclear de México se encuentra a disposición de la planta con una diversidad de departamentos, laboratorios y servicios administrativos para el soporte de sus operaciones y de sus mejoras, esto ha permitido su operación ininterrumpida durante 36 años; Aunque es una instalación industrial y atiende las necesidades de clientes privados también clientes internos utilizan los servicios de irradiación [2.2]. En febrero de 2002 se obtiene el certificado de Calidad ISO 9001: 2000, en noviembre de 2005 se recibe un reconocimiento a la excelencia y en 2009 se obtiene el certificado de Calidad ISO 9001: 2008 y opera también conforme los estándares de ISO 11137.

Está equipada con un irradiador JS6500 FIG. 3.1, categoría IV, de almacenamiento húmedo con blindaje de diseño para 1M Ci. Cuenta además con dos irradiadores autoblandados, a saber: un Gammacell 220 con actividad actual de 50.6 Ci, FIG. 3.2, y un Transelektro LGI-01 de fabricación húngara con actividad actual de 1567 Ci, FIG. 3.3.

Desde 1980 el Irradiador Gamma del ININ brinda servicio a diversas empresas. Los productos que se irradian principalmente son alimentos deshidratados, herbolarios / naturistas deshidratados, cosméticos, desechables y medicamentos. Con la actividad actual de su fuente de alrededor de 900 kCi se procesan diariamente más de 40 toneladas de productos a diferentes dosis de catálogo FIG. 3.4. Desde 2012 (hace 4 años) se opera anualmente un promedio de 7300 horas por año y la producción es mayor a las 13,000 toneladas anuales o 44703 m3.



FIG. 3.2 Gammacell 220



FIG. 3.3 Transelektro LGI-1

Catalog Doses	Minimum Dose (kGy)	Maximum Dose (kGy)	Console time (Dic. 2015 in s.)
A	5	10	72
B	7	16	104
C	9	18	143
D	14	28	2*B
E	17	31	1*B+1°C
F	21	38	2°C

FIG. 3.4 Catalog Dosis de catálogo y sus intervalos [Min, Max]

### 4. El Irradiador de la UNAM.

En 1986 el Instituto de Ciencias Nucleares de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) inició la operación de un irradiador semi-industrial "Gammabeam 651PT", con blindaje de diseño de aprox. 200kCi FIG. 4.1. En este irradiador se realizan trabajos de investigación (más de 100 proyectos actualmente), así como irradiaciones de material industrial para cerca de 60 clientes FIG. 4.2. Es un irradiador de tipo alberca, está acondicionado en una instalación especial con los equipos necesarios para garantizar la seguridad de su operación FIG. 4.3. Su carga con lápices de Co 60 ha sido actualizada en varias ocasiones, y en la actualidad cuenta con aproximadamente 85 kCi para irradiar un promedio de 70 toneladas de materiales por semana [3.1]. Cuenta también con un gammacell 220 adquirido en 1967 FIG. 4.4, y un gammacell 3000 (Elan Blood Irradiator) de Cs-137 de reciente adquisición (junio de 2015) FIG. 4.5, como apoyo a programas relacionados de investigación.

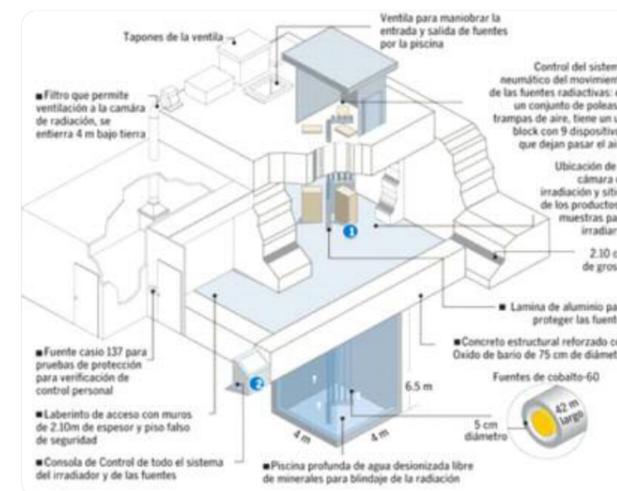


FIG. 4.1 Gammabeam 651-PT irradiador



Fig. 4.2 Batch irradiation

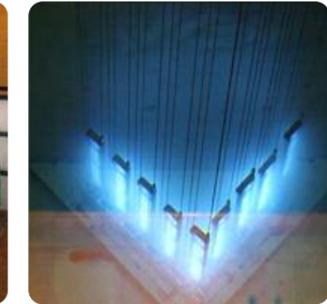


Fig. 4.3 Wet storage



Fig. 4.4 Gammacell 220



Fig. 4.5 Gammacell 3000

En 2006 se cambió la consola de control del gammabeam 651-PT y en 2011 se reemplazaron cables de acero de todos los módulos que alojan las fuentes de Co-60 en el irradiador gammabeam 651PT.

### 5. La Planta de Sterigenics

El 7 de abril del año 2000 las compañías Ion Beam Applications (IBA) y MDS Nordion, inauguraron oficialmente, bajo el nombre de NGS Enterprises (NGS), la planta de irradiación gamma que se unió al consorcio con la planta de Griffith Micro Science (operada con Óxido de Etileno en Cuautitlán, México) FIG. 5.1. Actualmente esta planta es propiedad de la compañía Sterigenics.

El irradiador es categoría IV (almacenamiento húmedo) con doble bastidor de fuentes y el blindaje de diseño soporta hasta 5M Ci, FIG. 5.2. La planta es multipropósito y el transportador interno tiene capacidad para 45 Totes de 59 cm ancho x 92 cm largo x 142 cm altura y peso máximo por tote de 440 kg, FIG. 5.3 y FIG. 5.4. Actualmente su actividad es de 2 M Ci. Cuenta con certificación ISO 9001: 2000 por DNV, opera conforme los estándares de ISO 11137 y la NOM-022-FITO-1195; está certificada por APHIS desde septiembre de 2008, a partir



Fig. 5.1 Receipt and delivery gates



Fig. 5.2 Irradiation Chamber (outside)

de aquí se inició el procesamiento de guayaba destinada a los mercados de exportación y en 2009, mango y cítricos [4.1]. Se han realizado estudios de la calidad de irradiación en la planta para guayaba y mango. Para 12 plagas se han determinado las dosis adecuadas: *Anastrepha Ludens*, Mosca de la Fruta (150 Gy), *Sternochetus mangiferae*, gusano de la semilla del Mango, 300 Gy de dosis mínima y dosis para 8 plagas adicionales 60-300 Gy.



Fig. 5.3 Irradiation Chamber (inside)

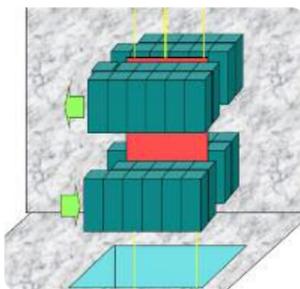


Fig. 5.4 Totes movement

## 6. La Planta de Phytosan/Benebión

Conceptualizada desde un principio mediante un plan de negocios para control fitosanitario FIG. 6.1. El proyecto se inició alrededor de 2005 y la planta inició finalmente su operación en julio de 2011 con una carga inicial de aprox. 200kCi. Se ubica estratégicamente en la frontera de la región de control fitosanitario para poder atender los embarques de frutas y vegetales frescos que cruzan esta división [5.1]. El irradiador GammaFIT Automatic Pallet (Interchange), de esta planta fue diseñado por MSD NORDION, cuenta con doble bastidor de fuentes y su actividad de diseño es para un máximo de 1.5 MCi, el sistema de ingreso y salida de la cámara es con banda transportadora de tarimas industriales FIG. 6.2. Para el diseño de esta planta se consideraron las oportunidades de mercado para frutas tropicales (guayaba, carambolo, lima dulce, pitaya, higo, chile manzano) que no se pueden exportar debido a las restricciones cuarentenarias por insectos y la tolerancia a los tratamientos convencionales de calor/frío/ MB.



Fig. 6.1 Benebion Plant, Matehuala S.L.P.



Fig. 6.2 Loading pallets area

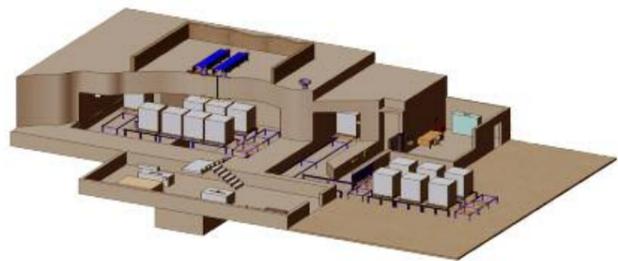


Fig. 6.3 Gamma FIT Automatic Pallet (Interchange)

El Gamma FIT Automatic Pallet (Interchange) FIG. 6.3, es un irradiador de dos pases paralelos, su baja actividad actual de 330 kCi es suficiente para fruta, no obstante se incrementará a 540 kCi durante este año. La dosimetría de rutina se realiza con Alanina.

Con una operación de 8000 hr/año y 200 kCi tiene una capacidad de 3.089 m3 para productos médicos a 20k Gy, o 41600 toneladas a 400Gy, o 1660 toneladas para deshidratados a 10 kGy. Dose uniformity: 1.66 for 0.1 g/cc, 2.36 for 0.4 g/cc. Process product up to 0.4 g/cc.

APHIS certification: Biological safeguarding, Dosimetry, Dose mapping/ calibration of the field, Procedures and SOPs, Workplan compliance, Data management system.

Certification: Boxes, sizes, varieties, Simplification needed.

## 7. Resumen de datos

A continuación se presentan algunas tablas que resumen algunos de los datos presentados sobre las instalaciones de irradiación en México al 30 de mayo de 2016. Estas muestran con más claridad las diferencias existentes entre las plantas citadas, así como las oportunidades que pueden obtener. Los datos de las actividades son aproximados.

Owner	Manufacturer/ Model	Category	Radiation Source	Shielding Design Capacity (kCi)	Installed Activity (kCi)
UNAM	NORDION Gammacell 220	I	Co-60	23	0.042
SENASICA	NORDION Gammacell 220	I	Co-60	23	0.082
ININ	NORDION Gammacell 220	I	Co-60	23	0.05
ININ	HUNGARY Transelektro LGI-01	I	Co-60	14	1.56
UNAM	NORDION Gammacell 300	I	Cs-137	3	2.6
SAGARPA TUXTLA GUTIERREZ	ISOME DIX Husman 521 4 irradiators	I	Cs-137	14/ea	3.68/ea
SENASICA	NORDION GAMMABEAM 127	II	Co-60	100	16
UNAM	NORDION GAMMABEAM 651 PT	IV	Co-60	200	85
SENASICA	NORDION JS7400	IV	Co-60	3000	15.2
ININ	NORDION JS6500	IV	Co-60	1000	914
STERIGENICS	NORDION ?	IV	Co-60	5000	2000
BENEZION	NORDION Gamma FIT	IV	Co-60	1500	540

En resumen tenemos 4 irradiadores industriales (Categoría IV) de proceso continuo con capacidad disponible de 10500 kCi y capacidad instalada de 3469 kCi; 1 irradiadores semi-industrial tipo batch (Categoría IV) y otro Categoría II con capacidad disponible de 300 kCi y capacidad instalada de 101 kCi y finalmente 9 irradiadores autoblandados (Categoría I) con fuentes demasiado decaídas.

## 8. Modernización de la planta de irradiación gamma del ININ

Como resultado de la aplicación de los programas de inversión para la modernización de las instalaciones, el proceso de irradiación ha mejorado significativamente, logrando con ello elevar la calidad del servicio y atender con oportunidad el incremento de la demanda de los mismos. La facturación se

ha incrementado de 13,106 miles de pesos en 2001 a 47, 300 miles de pesos en 2015 es decir 3.6 veces el ingreso registrado en 2001 en una década y media, significando un promedio de 25.7 % anual de incremento promedio por año. Así mismo la capacidad de ocupación real de proceso aumento en 1.59 veces.

### Descripción de Mejoras:

**Consola de Control:** En el periodo 2008-2010 se concluyó el diseño, construcción y puesta en servicio de la nueva consola de control del irradiador, con lo que se mejora la confiabilidad y eficiencia de la operación del proceso.

**Detectores de Radiación:** Se instalaron 2 nuevos detectores en 2010, para fortalecer la integridad de los sistemas de seguridad.

**Transportadores:** Se instalaron en 2004 secciones más largas de transportadores de rodillos, a la entrada y salida de contenedores a la cámara de irradiación, interconectando ambas. Esta medida permite tener 120 contenedores en línea y facilita la operación del Irradiador, ya que proporciona más tiempo al personal de operación para realizar adecuadamente las actividades de control y registro. En el periodo 2008-2012 se adquirieron transportadores con mejor tecnología que facilitan la operación e incrementan la durabilidad de los contenedores.

**Carga y descarga de producto y Sistema Neumático:** Se acondicionaron ambas áreas en 2005. Se instalaron mesas hidráulicas para facilitar estas tareas. Se mejoró el sistema neumático para agilizar el ciclo de proceso y poder ofrecer dosis más bajas de proceso.

**Sistema de elevación del bastidor de la fuente:** En diciembre de 2015 fue cambiado el sistema de elevación de la fuente ya que para el original no se fabrican ya partes de repuesto.

**SISIG:** Se implementó en 2002 el sistema informático para la administración del servicio de irradiación gamma.

### Mejoras en Equipos auxiliares:

**Extractor de Ozono:** Se instaló uno de mayor capacidad para reducir los tiempos de espera para que el personal de producción pueda ingresar sin riesgo a la cámara de irradiación cuando se requiera.

**Sistema Contra Incendio:** se rehabilitó el sistema original de la planta y se instaló una nueva red de hidrantes en el almacén.

**Suministro de aire comprimido para el Sistema Neumático:** se rediseñó el circuito en 2010 para incorporar un compresor de tornillo sinfín y mejorar la confiabilidad y eficiencia del suministro.

**Deionizador:** En 2006 se incorporó una mejora basada en un lecho mixto de resinas aniónicas y catiónicas.

### Planta Eléctrica de Emergencia:

Debido a las continuas interrupciones de energía eléctrica en el Centro Nuclear en la temporada de lluvias y la limitada capacidad y antigüedad de planta de emergencia para responder a esas interrupciones afectando de manera importante la productividad del irradiador, se adquirió una Planta nueva en 2010 con capacidad de 100 KVA.

**Almacén y patio de maniobras:** En el periodo 2001-2002 se terminó la construcción del nuevo almacén de productos y del patio de maniobras para incorporar andenes de descarga y espacios para la atención simultánea de hasta 6 transportes.

**Rampas Niveladoras:** En el de recibo y entrega de se instalaron 2 rampas niveladoras automáticas en 2008, otras 2 en 2009, y otras 2 en 2014 con lo que hemos logrado mayor rapidez y seguridad en la carga y descarga de los transportes.

## 9. Conclusiones

Con los más de 40 años de aplicación de la tecnología de irradiación en México en investigación, desarrollo y procesamiento

industrial, la viabilidad de esta tecnología y la utilidad de la misma es evidente; siendo la difusión de las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear uno de los objetivos principales desde sus inicios, se ha logrado desarrollar un mercado local que atiende requerimientos propios y cubre algunas necesidades para la importación y exportación de insumos y productos. Este mercado ha crecido y se ha fortalecido, por lo que el número de participantes ha aumentado. En este mismo sentido, persiste la disposición de contar con un mayor número de irradiadores (con inversión privada principalmente) para el tratamiento en el control fitosanitario.

La experiencia muestra que la dinámica de una planta de irradiación se debe mantener, debido a que dentro de ella se produce la inyección de vitalidad necesaria para que las instalaciones, equipos y recursos humanos se desempeñen eficientemente bajo el concepto de la mejora permanente. De no ser así, una planta reduce significativamente su capacidad, sus recursos humanos se van disminuyendo en actualización y número; y los clientes, que siendo parte de los mercados globales requieren respuestas rápidas, voltean a buscar otras alternativas de valor agregado para sus productos. Estas son razones incuestionables para conseguir las inversiones que toda instalación de cualquier sector industrial necesita, para que el negocio (razón de su existencia) compita en su mercado. El suministro de cobalto para recargas se ha encarecido significativamente, principalmente por el rubro de transportación. No obstante se deben hacer estudios de mercado y promover los servicios (buscar clientes) para apoyar la toma de decisiones respecto a la compra requerida de cobalto. Un estudio de costo-beneficio es fundamental para apoyar el monto de la inversión.

Entre los retos futuros, se tiene el interés y la responsabilidad de continuar con las actividades de difusión, investigación y desarrollo de esta tecnología. La formación de recursos humanos y el reentrenamiento de personal es una de las tareas que están en curso y que se deben fortalecer de inmediato. Especial énfasis reciben las acciones orientadas a mejorar los sistemas dosimétricos, la seguridad física y radiológica de las instalaciones, los sistemas de gestión de la calidad, y los sistemas de automatización de los irradiadores.

El fin será siempre brindar información clara y objetiva a usuarios y potenciales inversionistas con el objeto de hacer crecer el mercado y la infraestructura de plantas. El resultado será una mayor actividad económica, creación de empleos y mayores beneficios para la sociedad. La irradiación gamma es una alternativa segura y confiable.

### Referencias

- 1.1 página senasica: [www.senasica.gob.mx](http://www.senasica.gob.mx) Planta de Cría y Esterilización de la Mosca del Mediterráneo "Ing. Jorge Gutiérrez Samperio". Septiembre 2015.
- 1.2 Gutiérrez Ruelas J.M., Santiago Martínez G. Villaseñor C. A., Enkerlin H. W.R., Hernández López F. Los programas de moscas de la fruta en México, su historia reciente. Cap. 7 Innovaciones Técnicas. Publicación SAGARPA, 2015.
- 1.3 Wedekind Lothar, Communications IAEA. Vienna 8 TSL, Boletín OIEA 48/2 Julio 2007
- 1.4 García Manrique J., SAGARPA. Gusano Barrenador del Ganado: Avances en su Erradicación, Riesgos de Infestación y su prevención en las Américas. Conferencia OIE, 2000.
- 2.1 Rangel Urrea J.W., Instituto nacional de Investigaciones Nucleares. Uso de la Irradiación en México: una herramienta de apoyo a la industria alimentaria y al sector salud. ININ, pdf. ININ Octubre 2014.
- 2.2 Alcérreca Sánchez M.I., Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. América Latina, Situación Actual y Plantas de Irradiación en México. Foro de Aplicaciones en la Industria Tecnología de la Irradiación. Laboratorio Tecnológico del Uruguay. Julio 2011.
- 3.1 Cruz Zaragoza E. Instituto de Ciencias Nucleares UNAM. Energía Nuclear para Beneficio Social y Científico. Boletín UNAM-DGCS-726, ciudad Universitaria. Diciembre 2015.
- 4.1 Maricarmen Casar Lara. Sterigenics, servicios de irradiación como tratamiento postcosecha. 32av reunión anual NAPP0, Octubre 2008.
- 5.1 Arved Deke, Benebion: phytosanitary irradiation as a business. IAEA Project RLA 5066 workshop, Toluca Mex., October 2015.

# Martorell

## Construcciones civiles e industriales

Desde 1990 promoviendo la calidad

### Obras civiles e industriales

- Hormigón armado
- Ingeniería de detalle
- Cálculo de estructuras

### Estructuras Metálicas

- Naves industriales
- Galpones y tinglados
- Estructuras especiales

### Pavimentos y Pisos Industriales

Poseemos nuestra propia planta de hormigón elaborado

- Pisos industriales de ferrocemento
- Pavimentos de hormigón

### Movimiento de Suelos

- Desmonte
- Relleno y compactación mediante suelo seleccionado (tosca)
- Estabilización de suelos (suelo-cal y suelo-cemento)

Agradecemos a IONICS S.A. por confiar en nosotros para la construcción de su nueva unidad de irradiación

Nuestra experiencia, capacidad operativa, técnica y logística, nos han permitido ser elegidos por Ionics S.A. para ampliar su planta de irradiación, la única multipropósito de escala industrial de la Argentina. La obra incluyó la construcción de un bunker de blindaje con más de 800 m3 de hormigón de altas prestaciones, 1500 metros cubiertos de galpones, 2500 m2 de pisos industriales y calles perimetrales.

Algunas de las empresas que confiaron en nosotros para construir sus plantas industriales y centros logísticos:

Ionics S.A., Toyota Argentina S.A., Molinos Río de la Plata, Aluar S.A., Carrefour Argentina S.A., Fada Pharma S.A., Editorial Estrada S.A., Química Merck Argentina S.A., Ferrum S.A., Destilería Y.P.F S.A., Readymix Argentina S.A., Pinturas Colorín S.A.I.C., Expreso Esteban Echeverría, Industrias Deriplom S.A., Industrial Varela S.R.L., Beyga Humaita S.A., Papelera del Sur S.A., Transporte Don Pedro S.R.L., Chimagro S.A., Comercial del Plata, Construcciones S.A.m Camybus S.R.L., Imet. S.A.I.C., Frigorífico Gorina S.A.I.C., Moreiro Hnos S.A., Frimec S.A., Finexcor S.R.L., Eurosur S.R.L., Nueva Subgra S.A., OCYE S.A., VTV Norte S.A., Nidera S.A., Reckitt Benckinser Argentina S.A. y muchas más.

Leandro N. Alem 405 - 2º Of. 8 - B1878KHI - Quilmes - Bs. As.  
Tel/fax (54 11-11) 4257-1200

[www.martorellconstrucciones.com](http://www.martorellconstrucciones.com)

## Tratamiento por Ionización Gamma para productos más seguros:



### Agronómicos

Sustratos y envases para inoculantes de biotecnología

### Cosméticos

Materias primas, talcos, almidones, maquillajes, lociones, cremas, geles, brochas y esponjas, aplicadores, filtros solares.

### Dispositivos Médicos

Suturas, prótesis, implantes, paños, gasas, apósitos, guantes, campos quirúrgicos, contenedores para nutrición parenteral.

### Alimenticios

Materias primas, especias, condimentos, carnes, lácteos, envases sanitizados, ovoproductos, harinas, procesados congelados, saborizantes y aromatizantes.

### Nutracéuticos

Hierbas, tisanas, semillas, algas, capsulas y comprimidos antioxidantes, energizantes, anti-age, barras liofilizadas, suplementos dietarios y deportivos.

### Farmacéuticos y Veterinarios

Materias primas, drogas, envases, conjuntos goteros, tapones, pomos, jeringas prellenadas, enzimas, soluciones fisiológicas, jarabes, inyectables, suspensiones nasales, sueros para vacunas.

### Domisanitarios

Materias primas y preparaciones para limpieza, lavado, odorización, desodorización, higienización, desinfección y desinfección, suavizantes de ropa, aprestos, jabones.

**ionics**  
*Energía al servicio de la salud*

José Ingenieros 2475, (B1610ESC) Bº Ricardo Rojas, Tigre - Prov. de Bs. As.

Tel.: (54 11) 4740-6318 / 4788 / 7443 / 0566 - (54 11) 2150-6670 al 74

[info@ionics.com.ar](mailto:info@ionics.com.ar)

[www.ionics.com.ar](http://www.ionics.com.ar)