

Ampliar la contribución del átomo a la paz

Jorge Petinaud Martínez

Con motivo de la inauguración oficial de la primera planta de irradiación de alimentos de Cuba, visitó nuestro país el doctor Noramly Bin Muslim, director general adjunto del Organismo Internacional de Energía Atómica.

A pocas horas de su regreso a Viena, sede de esa institución especializada de Naciones Unidas, el distinguido huésped accedió a responder un cuestionario de *Nucleus*, del cual transcribimos los aspectos fundamentales.

El Organismo Internacional de Energía Atómica celebrará su trigésimo aniversario el 29 de julio de 1987. ¿Cómo ha cumplido sus objetivos durante estas tres décadas?

De acuerdo con sus Estatutos, "el OIEA tratará de acelerar y agrandar la contribución de la energía atómica a la paz, la salud y la prosperidad en todo el mundo. Asegurará, hasta donde pueda, que la asistencia prestada o solicitada por él o bajo su supervisión o control no se utilice para contribuir a fines militares". Es obvio que los mecanismos del organismo, incluidas la cooperación técnica y las salvaguardias, han contribuido decisivamente al desarrollo de los programas de energía atómica y a la introducción de diferentes aplicaciones de las radiaciones y los radioisótopos en un gran número de estados miembros. Estoy convencido de que sin estos instrumentos del organismo el desarrollo hubiera sido mucho más lento y en muchos casos imposible.

¿Qué perspectivas ofrece el actual programa bienal del OIEA para los pueblos de Asia, África y América Latina?

Una de las tareas más importantes del organismo en el futuro será contribuir a restablecer la confianza pública en la energía atómica. Por ello, el énfasis principal se hace en el mejoramiento de la seguridad operacional de las centrales electronucleares.

En lo que se refiere a las diferentes aplicaciones de los radioisótopos y las radiaciones, es necesario informar y aclarar acerca de la competitividad de estas técnicas y coadyuvar a que los estados miembros en desarrollo las utilicen en un contexto correcto para ayudar a sus importantes objetivos de desarrollo. El OIEA también hace énfasis en el adiestramiento y desarrollo de los recursos humanos e instalaciones.

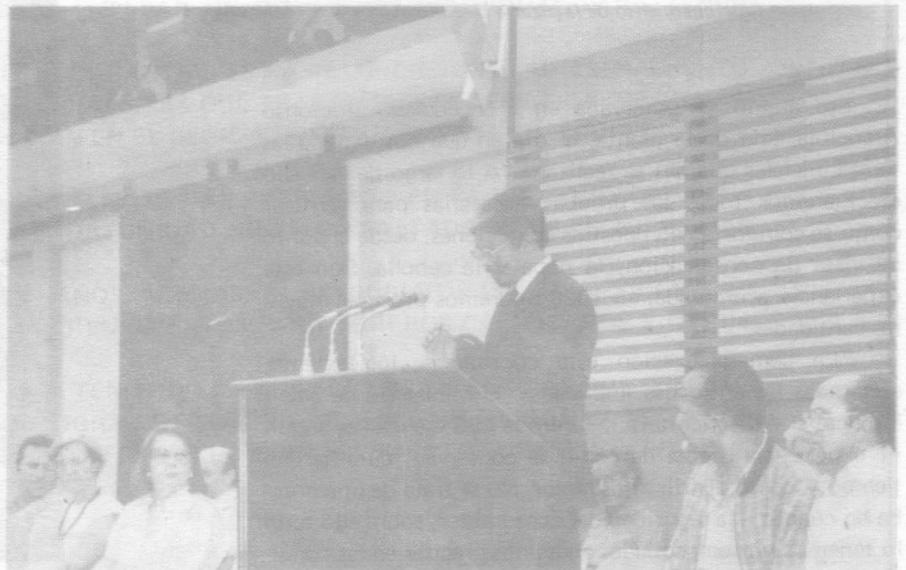
Durante varios años, los recursos de que disponía el organismo para las actividades de cooperación técnica han ido creciendo y estoy seguro de que así continuará en el futuro. Espero que el OIEA siga estando en condiciones de prestar asistencia para enfrentar las necesidades imperiosas de sus estados miembros en desarrollo.

¿Cómo valora el uso que nuestro país hace de la cooperación o asistencia ofrecida por el OIEA? ¿Qué posibilidades existen para los próximos años?

Creo que su país ha hecho un buen uso de los programas de cooperación técnica del organismo y no veo ninguna razón válida para impedir que continúe y aumente la colaboración entre Cuba y el OIEA en los próximos años.

Recientemente fue inaugurada en Cuba una planta de irradiación de alimentos. Desde el punto de vista económico, ¿cree usted que estas instalaciones sean competitivas internacionalmente?

La irradiación de alimentos ofrece, con toda seguridad, nuevas posibilidades para hacer un mejor uso de los recursos alimentarios. Desafortunadamente, parecen existir dudas prolongadas sobre las ventajas de este método en algunos países, y las barreras comerciales y no arancelarias dificultan el comercio de los alimentos irradiados. Eliminarlas es un punto específico del programa del organismo y esperamos que se logre una apertura. Sin



El doctor Noramly Bin Muslim pronunció un discurso en el acto inaugural de la primera planta cubana de irradiación de alimentos.

embargo, ello puede demorar algún tiempo.

¿Cuál es su opinión acerca de las centrales electrónicas? Sabemos que se han adoptado medidas para que su explotación sea cada vez más segura, ¿podría explicar algunas?

La historia concerniente a la opinión pública en lo que se refiere a la aceptación de la energía nuclear data de principios de la década del 70. Por un momento, la situación pareció mejorar, pero los accidentes ocurridos en Three Mile Island y en Chernobil representaron drásticos reveses en muchos países, aunque no en todo el mundo. No es posible ofrecer una fórmula para vencer este fenómeno. Una tarea sería demostrar que la energía atómica es segura, y la otra que, verdaderamente, puede dar solución a diferentes problemas ambientales causados por las termoeléctricas de carbón natural o petróleo.

Es decir, en este sentido tenemos un largo camino por recorrer y no debemos perder la paciencia.

Luego de su estancia en Cuba, ¿qué impresión personal se lleva acerca del programa nuclear que desarrolla el país?

Los radiotrazadores y las técnicas de irradiación aplicadas a la solución de problemas socioeconómicos en Cuba

**Aerulio Tulio Hernández
y Felicia E. Ríos Brito**

La aplicación de los radiotrazadores y las técnicas de irradiación a la economía tiene sus antecedentes en los experimentos realizados por G. H. Hevesy (1923), quien empleó los isótopos



Junto a un grupo de dirigentes cubanos, el doctor Bin Muslim recorrió las instalaciones de la planta cubana de irradiación de alimentos el día de la inauguración.

Pienso que Cuba ha introducido un programa nuclear prudente y útil que contribuirá a su desarrollo económico y social. Estoy impresionado con su actitud y seriedad hacia las aplicaciones pacíficas de la energía atómica. Se ha realizado un gran esfuerzo y los éxitos ya comienzan a verse. Su programa de energética atómica, la planta de irradiación de alimentos, los programas de medicina nuclear y de investigación, por solo mencionar unos cuantos, son ejemplos elocuentes.

Creo que Cuba ha adoptado una actitud correcta hacia el uso pacífico de la energía atómica. Lo que se requiere ahora es el desarrollo posterior de la infraestructura necesaria, de los recursos humanos, para enfrentar nuevos retos. Pienso también que Cuba ya puede abrir sus puertas a otros estados miembros en desarrollo y compartir sus logros y conocimientos.

A partir de esos y otros experimentos posteriores se crearon las bases para la aplicación de estas técnicas en distintas ramas de la economía.

En Cuba, los radiotrazadores y las técnicas de irradiación han sido utilizados con vista a solucionar problemas de interés en la medicina, la agricultura, la hidroeconomía y la industria.

La medicina nuclear y la radioterapia al servicio de la salud pública

Las aplicaciones médicas de los radiotrazadores y las técnicas de irradiación se enmarcan, fundamentalmente, en el campo de la medicina nuclear y la radioterapia.

radiactivos como trazadores en el estudio de los procesos químicos y bioquímicos en plantas vivas, y por H. J. Müller y L. J. Stadler (1927), quienes llevaron a cabo trabajos de mutagénesis inducida por el efecto de los rayos X en la *Drosophila* (mosca de la fruta).

La medicina nuclear abarca todas las aplicaciones de sustancias radiactivas no selladas en el diagnóstico y el tratamiento de las enfermedades, así como en las investigaciones médicas. Un aspecto común de los estudios de diagnóstico en la medicina nuclear es la utilización de radioisótopos como trazadores para analizar algún proceso fisiológico.

Las moléculas de un compuesto químico se *marcan*, sustituyendo en ellas átomos de isótopos estables por átomos de isótopos radiactivos. Este procedimiento permite, mediante la detección de las radiaciones emitidas por el radiotrazador, seguir el curso de los procesos biológicos en los cuales interviene el compuesto marcado (denominado radiofármaco en la medicina nuclear).

Con frecuencia, el estudio se lleva a cabo administrando al paciente una pequeña dosis del radiofármaco, para detectar con posterioridad las radiaciones, externamente *in vivo* o *in vitro*, en muestras tomadas al propio paciente. De esta manera es posible obtener información acerca de la cantidad de una sustancia asimilada por un órgano (como en la captación de yodo por la glándula tiroides), el volumen (determinación del volumen sanguíneo), la velocidad con la cual se acumula una sustancia en un órgano o es segregada por él (por ejemplo en el renograma) o el modo de producirse una reacción biológica.

La información se logra en forma de datos numéricos o visualmente, a través de imágenes representativas de los procesos que ocurren en los órganos investigados, lo cual facilita el estudio del comportamiento funcional de ellos.

En la variante moderna del método, un detector de grandes dimensiones permite captar de manera simultánea las radiaciones emitidas en toda la extensión del órgano investigado.

La utilización de dispositivos electrónicos adecuados y de una computadora acoplada a este equipo, el cual se denomina cámara gamma, posibilita realizar estudios dinámicos y obtener secuencias de imágenes totales o parciales del órgano en distintos tiempos.



Las técnicas de radioinmunoanálisis se emplean en estudios hormonales y ofrecen grandes ventajas para la ganadería.



El Centro de Producciones de Animales de Laboratorio, que posee modernas instalaciones y personal altamente calificado, presta una efectiva colaboración a entidades nacionales de la salud.

Otros equipos radioisotópicos de menor complejidad que la cámara gamma, pero de probada utilidad en algunos estudios funcionales, son los gammatopógrafos y los renógrafos.

La obtención de imágenes con radioisótopos u otros métodos nucleares, nos brinda información acerca de los procesos funcionales que transcurren en un determinado órgano. Estas imágenes difieren de las logradas por otras técnicas no nucleares, como la radiografía con rayos X, el ultrasonido, la tomografía axial computarizada y la resonancia

magnética nuclear. En este caso la información que se brinda es la de la estructura o anatomía del órgano en estudio.

Por otra parte, ambas técnicas de obtención de imágenes nucleares y no nucleares se complementan y ofrecen de conjunto información de gran utilidad para el diagnóstico médico.

En nuestro país se utilizan en la práctica médica gammatopógrafos, renógrafos y captadores de yodo. Además, se cuenta con dos cámaras gamma, con las cuales se han realizado interesantes estudios funcionales del corazón y otros órganos.

En los procedimientos puramente *in vitro*, el radiofármaco no se incorpora al organismo del paciente, sino que es añadido a una muestra clínica, por ejemplo, sangre u orina. Este es el caso del radioinmunoanálisis (RIA).

El principio básico del radioinmunoanálisis, al igual que en la obtención de imágenes con radioisótopos, es la presencia de un radiotrazador, por ejemplo, una hormona radiomarcada. Este método permite analizar actualmente cientos de sustancias diferentes, como las hormonas, las vitaminas, los fármacos, las drogas, los productos segregados por virus infecciosos y otras sustancias.

La técnica de radioinmunoanálisis puede realizarse con un nivel relativamente bajo de complejidad técnica, y sus resultados desempeñan un importante papel en la investigación y el diagnóstico médico.

Este método se aplica en diversas instituciones del Ministerio de Salud Pública con fines de diagnóstico y en investigaciones médicas.

Otra aplicación de la medicina nuclear es la terapia con radioisótopos, por ejemplo, con yodo radiactivo (^{131}I), que se administra al paciente en el tratamiento de cáncer de la glándula tiroides.

La terapia con fuentes selladas de radiaciones ionizantes (radioterapia) se emplea en el tratamiento de tumores malignos, tumores benignos y algunos procesos inflamatorios agudos.

En nuestro país, la radioterapia se aplica en distintas instituciones médicas para el tratamiento de cáncer, empleando para estos fines equipos de tele-gammaterapia, terapia diferida y terapia intracavitaria.

En los próximos años, las instalaciones existentes se ampliarán con la adquisición de nuevas cámaras gamma y otros equipos destinados al diagnóstico y las investigaciones biomédicas, así como de un acelerador de electrones para radioterapia.

Las técnicas nucleares en la agricultura

La aplicación de los radioisótopos y las técnicas de irradiación permiten solucionar numerosos problemas de importación agrícola, entre los cuales se destacan los siguientes:

- Obtención de variedades mejoradas de plantas.
- Aprovechamiento óptimo de fertilizantes y mejoramiento de suelos baldíos.
- Obtención de fórmulas de plaguicidas más eficaces y seguras.
- Control de plagas que atacan las cosechas y los animales.
- Desarrollo de investigaciones metabólicas del ganado, con vista a lograr una mejor asimilación del alimento y otras relacionadas con la

reproducción animal para aumentar la producción de leche y carne.

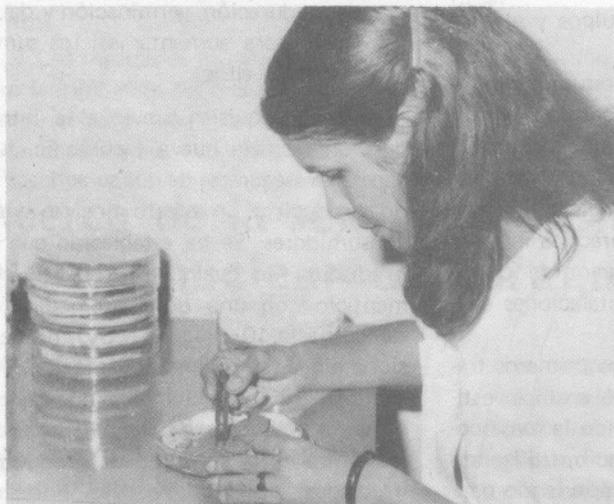
En nuestro país, las técnicas nucleares han sido aplicadas por diversas entidades del Ministerio de la Agricultura e instituciones de perfil agrícola del Ministerio de Educación Superior y la Academia de Ciencias de Cuba.

Los resultados alcanzados son, en su mayoría, de interés metodológico fundamentalmente y constituyen las premisas básicas para la aplicación de estas técnicas a una escala superior en los próximos años.

Resultados de interés han sido obtenidos en investigaciones realizadas aplicando radiotrazadores (nitrógeno ^{15}N y fósforo ^{32}P), acerca del momento de mayor efectividad de la aplicación de fertilizantes en el cultivo de arroz, así como en la agrupación de diferentes suelos de acuerdo con la capacidad de fijación del fósforo por ellos.

Las técnicas de irradiación han sido utilizadas con vista a lograr variabilidad genética, como paso previo para la obtención de variedades mejoradas de plantas. Los estudios efectuados permitieron establecer la tabla de dosis semiletales para más de 70 variedades de 25 cultivos de interés económico (soya, frijol, maíz, maní, girasol, ajo, yuca, hortalizas y otros).

Las técnicas de irradiación también han encontrado aplicación en el



Las técnicas nucleares han demostrado su eficacia en la lucha contra insectos y plagas que atacan las cosechas y los animales.



En la cebolla irradiada se aprecia la inhibición total de la germinación, así como una disminución de la pérdida de peso por deshidratación y de las incidencias de pudrición.

control de plagas que afectan a los cultivos y a los animales.

El método del insecto estéril, empleado para estos fines, se basa en el efecto de las radiaciones ionizantes sobre el sistema reproductor de los insectos.

Para aplicar la técnica del insecto estéril se selecciona la dosis adecuada de irradiación de los insectos, que provoca la esterilidad de ellos sin que se afecten sus instintos naturales y su capacidad vital.

Posteriormente, se liberan cantidades suficientes de insectos estériles en la zona afectada. Con la aplicación de esta técnica se pueden alcanzar resultados satisfactorios en el control de las plagas. En la práctica, para la erradicación de una plaga es necesario el empleo integral de este y otros métodos de control.

Para la aplicación del método, se requiere conocer previamente el sistema ecológico en que interviene la plaga y las curvas de radiosensibilidad de los insectos. Un trabajo sistemático de este tipo ha sido realizado en nuestro país, estableciéndose las curvas de radiosensibilidad para diferentes estadios de desarrollo de varios insectos que afectan los cultivos del arroz, el frijol, la soya, el maíz, y de plagas de almacén que dañan productos agrícolas de importancia económica.

El método de radioinmunoanálisis también es aplicado en el campo de la reproducción animal. En algunas entidades nacionales se emplea en estudios de la fisiología del ganado y en estudios hormonales para el diagnóstico precoz de la gestación en el ganado bovino. La información que se obtiene permite acortar el período entre partos, aumentar la eficacia de la inseminación y lograr un mejor manejo del rebaño.

Aplicación de trazadores en la hidroeconomía

En nuestro país, el método de los trazadores, por ejemplo, oxígeno 18, ha sido utilizado en estudios isotópicos de los acuíferos de Pinar del Río y Matanzas.

Entre las investigaciones realizadas se destacan:

- El estudio de la recarga natural de las cuencas de aguas subterráneas en la llanura costera del sur de Pinar del Río.
- El estudio de la composición isotópica de las lluvias durante un año hidráulico.
- El estudio de la composición isotópica de las aguas de pozos y manantiales existentes en las zonas montañosas y premontañosas de Pinar del Río.

Estas investigaciones tienen importancia en la determinación de nuestras reservas hídricas subterráneas, la edad de las aguas y su mejor aprovechamiento para el riego, así como el establecimiento del origen de la elevada mineralización, como una de las causas de posible salinización que afecta la utilización de los acuíferos para diferentes usos.

Entre las líneas de investigaciones previstas para los próximos años se encuentra la extensión de estos estudios al valle de Guantánamo y otras regiones del país.

Los radiotrazadores en la industria azucarera

El método de los radiotrazadores es utilizado con eficacia en los trabajos de análisis y optimización de procesos tecnológicos y para la evaluación de los parámetros técnicos de equipos y plantas industriales.

En nuestro país, los estudios con radiotrazadores se han centrado en las aplicaciones a la industria azucarera. En el caso específico de esta industria, los radioisótopos se han empleado fundamentalmente, según la práctica internacional, para la determinación de los parámetros de flujo en instalaciones azucareras.

En Cuba, uno de los primeros trabajos realizados consistió en la investigación de la circulación de la masa cocida en los tachos al vacío, utilizando como trazador Co^{60} encapsulando dentro de una esfera varios detectores situados en el exterior para determinar la

trayectoria seguida por ella dentro del tacho.

Utilizando trazadores radiactivos, en trabajos posteriores se han obtenido algunos resultados de interés, entre los cuales pueden señalarse los siguientes:

- Determinación de los tiempos de residencia y patrones de flujo en los molinos, clasificadores y centrifugas.
- Determinación de los rendimientos de cristales de sacarosa en masas cocidas.
- Determinación de la pureza en azúcares.

En la actualidad, estos trabajos se llevan a cabo en varios centrales azucareros con el objetivo de contribuir a la solución de problemas existentes en el proceso industrial.

Irradiación de alimentos y otros productos de importancia económica

El empleo de las técnicas de irradiación en la conservación de alimentos, tiene dos ventajas principales para la salud y el bienestar del hombre:

- La destrucción de organismos patógenos en los alimentos, elevando así su calidad.
- La prolongación de la durabilidad de los alimentos por la muerte de plagas y el retardo de los procesos de maduración, germinación y deterioro, para aumentar así los suministros de ellos.

Como requisito previo a la introducción de esta nueva tecnología, fue necesario asegurarse de que su aplicación no produciría un efecto nocivo a los consumidores. Se ha establecido que la irradiación de cualquier producto alimenticio con una dosis promedio total de hasta 10 kilogray (kGy), no ocasiona ningún problema toxicológico, nutricional, ni microbiológico que represente un peligro para la salud, sino todo lo contrario; el consumo de productos irradiados presenta ventajas notables desde el punto de vista de su higiene y calidad.

En Cuba, desde la década del 70 se vienen realizando estudios a escala de laboratorio acerca de la conservación de alimentos por irradiación en papas, cebollas, ajos y granos.

A partir de estas experiencias y teniendo en cuenta los resultados obtenidos en otros países, fue posible definir la factibilidad de emplear las técnicas de irradiación en la conservación de alimentos a escala piloto y semindustrial en Cuba.

Con este propósito fue instalada en el Instituto de Investigaciones de la Industria Alimenticia la planta de irradiación tipo Produkt I, de fabricación soviética. Esta planta y la instalación Gammacell-500 del laboratorio de técnicas de irradiación del CENSA, constituyen las dos instalaciones más importantes del país, destinadas a las aplicaciones de las técnicas de irradiación en la economía.

La existencia de esas dos instalaciones permitirá enfrentar la aplicación de la tecnología de irradiación de alimentos en Cuba de forma integral.

En la actualidad se llevan a cabo experiencias sobre la conservación de papa y cebolla de la variedad Red Creolé C-5, cosechadas en mayo de 1986, las cuales fueron beneficiadas y curadas en condiciones ambientales de dos a tres semanas antes de ser sometidas al tratamiento por irradiación con el objetivo de inhibir la germinación de los bulbos.

Los resultados mostraron que se logró la inhibición total de la germinación en la cebolla irradiada y una disminución significativa de las pérdidas de peso

por deshidratación y de las incidencias de la pudrición con respecto al producto no tratado.

La calidad organoléptica y la apariencia exterior de las cebollas irradiadas fueron también superiores a las de las muestras no irradiadas, lo que confirma los resultados obtenidos a escala de laboratorio en años anteriores.

Posteriormente se realizaron los estudios de irradiación de cebolla y papa a escala semindustrial, con una productividad aproximada de 5 t de producto irradiado por hora.

En ambos casos se deberá evaluar en el transcurso de los próximos meses los resultados obtenidos en cuanto a la conservación de los productos.

Trabajos similares serán realizados con otros productos de importancia económica.

El laboratorio de técnicas de irradiación desempeña un papel significativo en la introducción de las técnicas de irradiación de diversas ramas de la economía.

Este laboratorio brinda servicios especializados de irradiación gamma a las entidades nacionales, entre las que pueden señalarse instituciones del MINSAP, el MINAGRI, el MINAL, el MES, la ACC y otras.

En 1986, el laboratorio ofreció sus servicios a 16 entidades de siete organismos del país, entre los cuales se destacan:

- Irradiación en estudios de radioatenuación de vacunas contra enfermedades parasitarias que atacan al ganado.

- Irradiación de hemoderivados para investigaciones de productos hemoterapéuticos de uso médico.
- Radioesterilización de instrumental quirúrgico y materiales médico-termolábiles.
- Descontaminación de biopreparados y otras sustancias biológicas termolábiles.
- Servicios de radioesterilización de pienso destinado a la alimentación de animales gnotobiológicos para el CENPALAB.

Mediante la esterilización de la dieta de estos animales por irradiación se solucionaron serias dificultades existentes en la esterilización del alimento por métodos convencionales.

Se comprobó que la dieta irradiada no produce afectaciones en el comportamiento fisiológico de los animales, lo que ha permitido la obtención en el país de las primeras partidas de animales libres de patógenos, muy necesarios para las investigaciones biomédicas. La producción en Cuba de estos animales evita su importación.

¿Cuáles son las perspectivas de aplicación de los radiotrazadores y las técnicas de irradiación?

Como se puede constatar, los resultados alcanzados a nivel nacional, con excepción de algunas aplicaciones médicas, tienen un carácter principalmente metodológico o preliminar. Sin embargo, la creciente incidencia práctica de ellos permite afirmar que en un futuro cercano estas técnicas nucleares se integrarán a otras aplicaciones importantes de la energía nuclear en un esfuerzo unificado por garantizar un desarrollo sostenido de la economía nacional.

Acerca de la seguridad en la central electronuclear de Juraguá

Eduardo Fundora y Andrés García

Los aspectos relacionados con la seguridad de las centrales electrónicas (CEN) son muy debatidos, polémicos e investigados en la actualidad. Los grandes y rápidos avances logrados

en este campo se han hecho notar en tal medida que se puede considerar a la energética nuclear como una de las tecnologías modernas que se desarrolla con mayores índices de seguridad.

No obstante, ciertos sectores de la opinión pública de algunos países se

han expresado negativamente contra su empleo. Este tipo de industria, como cualquiera creada y desarrollada por el hombre, siempre entraña riesgos que a veces no son comprendidos y aceptados a pesar de que son inmensamente inferiores al de muchas actividades humanas.

En la actualidad, ciertos países, sobre todo los más desarrollados, tienen una elevada dependencia de la