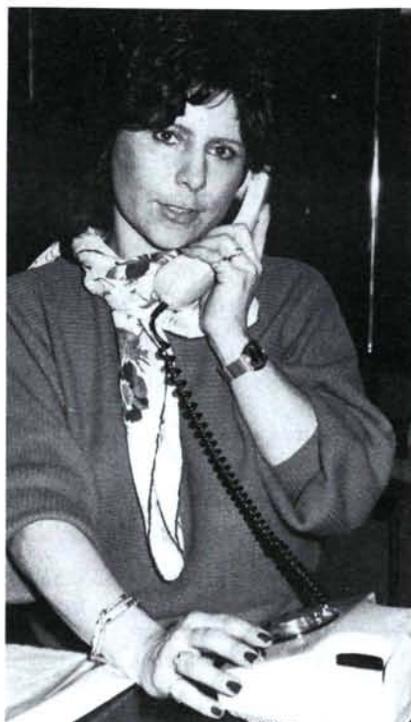


Informes especiales



En la actualidad el tratamiento por irradiación se emplea para esterilizar muchos materiales para hospitales, como instrumental quirúrgico y catéteres, y para ayudar en la producción de alambres y cables resistentes para las líneas telefónicas. (Cortesía de CEA)



Instrumentos modernos del oficio

Los procesos de tratamiento por irradiación con fines industriales cobran, entre bastidores, una importancia cada vez mayor

por Vitomir Markovic

Apenas advertida y proclamada popularmente, la radiación ionizante se ha convertido en el transcurso de los últimos decenios en un valioso instrumento para la eficiencia de docenas de procesos industriales y manufactureros de productos que se utilizan en todo el mundo.

Por ejemplo, sólo durante los últimos 15 años el radiotratamiento —que consiste en el uso de rayos gamma o electrones de alta energía como fuentes energéticas industriales— ha aumentado establemente a un ritmo del 10 al 15% anual. El principal indicador de este crecimiento es la cantidad y potencia total instalada de fuentes de radiación.

En la actualidad se suelen emplear dos tipos de fuentes de radiación: las de gamma isotópica radiactiva, cobalto-60 y cesio-137; y los electrones de alta energía producidos por aceleradores de electrones en un rango energético de hasta 10 megavoltios. Ninguna de estas radiaciones produce radiactividad en los materiales que se elaboran.

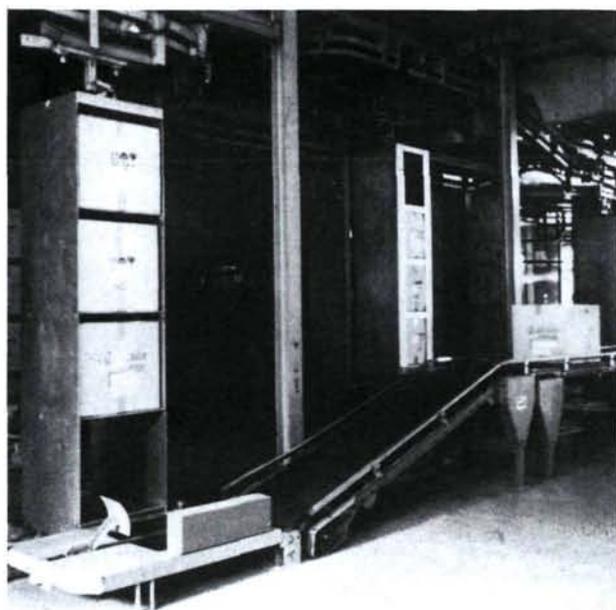
En estos momentos funcionan más de 130 irradiadores gamma industriales en unos 41 países, si se toma como base las cifras que proporciona la industria, y el número total de máquinas de haz electrónico ya se aproxima a 400 a nivel mundial. Estos instrumentos se utilizan de diversas formas en la producción de artículos como

neumáticos, piezas de computadoras, cables de teléfono y plásticos y películas para envases, y también se emplean para desinfectar y esterilizar productos médicos desechables para la atención a la salud en hospitales y en el hogar.

Aunque es difícil calcular el valor total de los productos irradiados, probablemente en la actualidad rebase con mucho los mil millones de dólares EE.UU. que informó *Business Week* en 1977. Si bien este volumen no es espectacular comparado con otras producciones industriales, indica que el radiotratamiento se ha convertido en un método de manufactura consolidado y aceptado.

Esta reseña se basa primordialmente en la información obtenida en la serie de reuniones internacionales sobre tratamiento por irradiación que se celebraron con intervalos de dos años desde 1976 a 1984 en Puerto Rico, Miami, Tokio, Dubrovnik y San Diego, respectivamente. Esas reuniones se han convertido en los principales centros de intercambio de información científica y tecnológica relacionada con este campo. A la reunión de San Diego, por ejemplo, asistieron alrededor de 470 participantes de unos 32 países, y se presentaron 120 documentos en 23 sesiones, que cubrieron todas las esferas de las aplicaciones ya establecidas y de las que están en desarrollo, incluidos los aspectos relativos a la ingeniería de radiación, la seguridad, la dosimetría de la radiación industrial, el desarrollo de fuentes de radiación industrial, y los reglamentos y aspectos jurídicos.

El Sr. Markovic es funcionario de la División de Investigaciones y Laboratorios del Departamento de Investigaciones e Isótopos del Organismo.



Esta instalación de irradiación por rayos gamma en Yugoslavia es una de las 135 que existen hoy en unos 41 países.

Funcionamiento básico del proceso

La tecnología depende básicamente del uso de la energía de irradiación para iniciar reacciones químicas, inducir cambios biológicos o modificar las propiedades químicas o físicas de los materiales. En una aplicación típica de dosis absorbida baja, es posible utilizar, por ejemplo, un kilovatio de potencia de irradiación para demorar la germinación y, por lo tanto, el deterioro de las papas a un ritmo de 10 toneladas por hora aproximadamente. En el otro extremo, la aplicación de una dosis absorbida elevada puede utilizarse para esterilizar efectos médicos a un ritmo de unas 2000 jeringuillas por hora, es decir, unos 15 a 20 millones por año.

En aplicaciones comunes de esta u otra índole, el radiotratamiento ofrece ventajas típicas importantes en comparación con otros procesos industriales que dependen de la utilización de productos químicos y del calor. Se informa que los ahorros energéticos que se obtienen en casi todos los tipos de aplicación que hacen uso del tratamiento por irradiación son significativos en comparación con otras tecnologías. Entre las ventajas generales se incluyen la confiabilidad y la sencillez del control del tratamiento, la reducción o la eliminación completa de los contaminantes industriales, así como la obtención de productos superiores e incluso de calidad única.

Otro de los aspectos que no suelen subrayarse debidamente es el elevado nivel de seguridad que existe en las instalaciones de irradiación industrial, basado en el historial de seguridad altamente positivo de las numerosas instalaciones de radiación industrial que funcionan desde hace unos años.

Desde el punto de vista de la comparación de costos, el tratamiento por irradiación no es una técnica milagrosa: puede ser más económica, igual o más costosa que los otros métodos. Sin embargo, el argumento con que se solía impugnar —lo costoso de la radiación— ha sido desmentido muchas veces. La radiación no es barata, pero la cantidad de diferentes aplicaciones que han tenido éxito ha demostrado más allá de toda duda que ya desde hace mucho tiempo alcanzó la etapa de

comercialización a que la hacen acreedora sus beneficios técnicos y económicos.

Por supuesto, en el pasado no se obtuvieron los mismos resultados positivos en todas las aplicaciones. Los logros alcanzados en algunas instancias se ven contrarrestados por numerosos reveses, decepciones y fracasos rotundos en otras. Por ejemplo, se ha ensayado el tratamiento por irradiación en los materiales textiles, pero los resultados no han estado a la altura de las expectativas. Tampoco ha enraizado la polimerización inducida por radiación, a pesar de que aventaja a los procesos catalíticos tradicionales de temperaturas elevadas y altas presiones. Asimismo, la síntesis química por radiación parecía prometedora pero no encontró suficiente interés industrial.

A fin de aclarar los conceptos, es importante diferenciar entre:

- *Tecnologías establecidas:* las que se han estado empleando industrialmente desde hace muchos años en todo el mundo;
- *Tecnologías emergentes:* las que ya han pasado más o menos la etapa de investigación y desarrollo y han alcanzado un nivel experimental o casi industrial, pero que aún no se han comercializado plenamente;

Proyectos en ejecución

Por diferentes vías, el OIEA ha apoyado ininterrumpidamente diversos proyectos sobre tratamiento por irradiación en todo el mundo.

En Hungría, la India, la República de Corea y Yugoslavia, el Organismo conjuntamente con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), ha ejecutado proyectos que han permitido crear instalaciones de radioesterilización y producir una extensa serie de diferentes artículos para uso médico. Un proyecto análogo está en vías de terminación en el Irán.

En la República de Corea y en Yugoslavia se han ejecutado proyectos basados en el empleo de aceleradores de electrones para aplicaciones superficiales y de radio-reticulación, en los que se han tratado, entre otros productos, alambres y cables.

En la región de Asia y el Pacífico, 13 países participan en un gran proyecto PNUD/OIEA en esta esfera y las técnicas de irradiación se encuentran entre las actividades centrales. En Indonesia se han puesto en funcionamiento instalaciones de irradiación a escala experimental para la vulcanización de látex de caucho natural y para aplicaciones de revestimiento de superficies. En la India y en la República de Corea se han creado centros de capacitación y de demostración de radioesterilización. Muy pronto se creará en China otro centro para aplicaciones de radio-reticulación.

En algunos otros países, los proyectos de asistencia técnica del Organismo se dirigen a la instalación de fuentes de irradiación y a la ejecución de programas piloto y de investigación sobre tecnologías de irradiación. Entre esos países se encuentran Bangladesh, Bulgaria, Ecuador, Filipinas, Malasia, Perú, Portugal, Rumania, Sri Lanka, Viet Nam y Zambia.

Los programas coordinados de investigación apuntan, en gran medida, al empleo de la tecnología de irradiación para inmovilizar materiales bioactivos y modificar por irradiación las propiedades de los polímeros para aplicaciones industriales y médicas.

Al igual que en todos los empeños del Organismo, esas actividades se complementan con cursos de capacitación, viajes de estudio, becas y reuniones internacionales encaminadas a promover y mejorar las corrientes de información técnica.

- **Tecnologías en desarrollo:** las que se encuentran en la etapa de investigación y desarrollo con probabilidades de comercialización futura.

Tecnologías de radiación establecidas

Probablemente cerca del 90% o más de toda la potencia de radiación instalada se utiliza en muy pocos procesos industriales. En esta categoría hay tres grupos principales: la radioesterilización, las aplicaciones de radiorreticulación, y las aplicaciones de curación e injertos por radiación.

Radioesterilización: materiales médicos

Esta fue la primera aplicación de la radiación que alcanzó nivel industrial, a principios de los decenios de 1950 y 1960, sobre todo en Australia, los Estados Unidos, Francia y el Reino Unido. Desde entonces, ha ido en constante aumento y casi sin tropiezos. Cuando los entusiastas de la academia y la industria comenzaron a crear las condiciones para emplear la radiación, existía otro proceso en frío para la esterilización industrial de los materiales médicos que era de amplio uso y aceptación: el óxido etilénico. Los argumentos a favor del radiotratamiento se centraban en su confiabilidad y en la calidad superior que se obtenía; posteriormente se reforzaron con las ventajas en función del costo que se derivaban de los avances tecnológicos, la mayor disponibilidad de fuentes de radiación de alta potencia y el volumen superior de productos tratados.

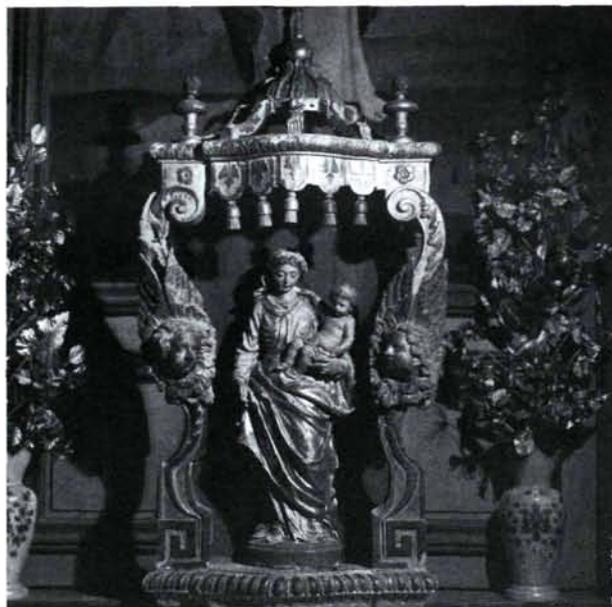
Actualmente intervienen otros factores. La utilización del óxido etilénico se desapruueba no sólo por su costo, sino también porque el control de la exposición a los productos químicos es más difícil y costoso que la exposición a la radiación ionizante. Se sabe que el óxido etilénico es peligroso, tóxico y carcinogénico, y que tiene efectos mutagenéticos en los organismos vivos, de aquí que haya una creciente preocupación por la contaminación ambiental que produce, por los trabajadores que se exponen a él y por los pacientes que utilizan los productos médicos, ya que en dichos productos permanecen vestigios del gas.

En contraste, la seguridad del trabajo del personal que labora en las instalaciones de radiación se controla muy bien y con facilidad, y no quedan vestigios de radiactividad en los productos irradiados. De ser necesario, los productos radioesterilizados pueden utilizarse inmediatamente después de la esterilización.

Hoy día se emplean para la radioesterilización unas 120 a 130 instalaciones industriales, la mayoría de las cuales utilizan cobalto-60, en unos 40 países. La producción total es del orden de los tres millones de metros cúbicos anuales.

Se espera que esta aplicación aumente a un ritmo aún mayor en el futuro inmediato debido a las restricciones estatales impuestas al óxido etilénico. Por ejemplo, en estos momentos cerca del 40% de todos los productos médicos desechables en los Estados Unidos se radioesterilizan, y se espera que esta cifra casi se duplique para 1990. Cabe esperar un incremento similar en otros países. Una de las ventajas clave que tiene la radiación sobre otros métodos consiste en que los productos se pueden esterilizar *después* de ser envasados, con lo que se evitan problemas de una nueva contaminación.

Es importante destacar que muchos países en desarrollo han introducido esta tecnología con buenos resultados. Los beneficios rebasan las consecuencias directas para el valor de la producción, el personal empleado, y otras. Ha contribuido de modo significativo a elevar los niveles de la atención a la salud al



Las técnicas de irradiación se utilizan también para conservar estatuas, esculturas y otros objetos de arte de madera. (Cortesía de CEA)

posibilitar la producción local y una utilización más difundida de los productos médicos desechables diseñados para ser utilizados una sola vez. Aquí se incluyen, por ejemplo, jeringuillas, catéteres y equipos de transfusión de sangre. La transferencia de esta tecnología es relativamente sencilla y no presenta las dificultades que acompañan a otras aplicaciones.

Aplicaciones de reticulación: alambres, neumáticos, plásticos y espumas

La radiorreticulación se refiere básicamente a la modificación de las propiedades de los polímeros mediante la inducción de enlaces químicos entre macromoléculas individuales. La radiación, que es especialmente eficaz para iniciar este proceso químico, transforma el polímero en una estructura molecular con dos características importantes: no fluye a temperaturas elevadas, y desarrolla propiedades análogas a las del caucho a temperaturas superiores a la de fusión.

El primer efecto es de gran importancia para aplicaciones que comprenden el aislamiento de alambres y cables; el segundo, lo es para la producción de materiales *contraíbles por calor* y para la espuma polímera. En la radiorreticulación para aislamiento de alambres y cables, el producto se acondiciona para su uso a temperaturas más elevadas o para aquellas aplicaciones en que una exposición breve o prolongada a temperaturas más altas (por ejemplo, debido a sobrecargas) podría causar daños permanentes al aislamiento.

Esto es esencial para el alambrado de circuitos internos en equipos de televisión y de audio, computadoras, líneas de señalización, equipos electrodomésticos, líneas de transmisión energética, y en las industrias automotriz, aérea y naviera. En comparación con la reticulación química, la radiación es más eficaz en función del costo y requiere menos energía, necesita menos espacio en la planta y el control del proceso es más confiable. Por ejemplo, los alambres de dimensiones pequeñas sólo se pueden reticular eficazmente mediante la radiación.

Por otra parte, el método no da resultado con cables de alto voltaje (más de 30 kilovatios aproximadamente) porque la penetración de los electrones, que se utilizan exclusivamente en esta aplicación de radiación, es limitada. Por consiguiente, las técnicas químicas y de radiación son, en gran medida, complementarias, y la mayoría de las compañías fabricantes de alambres y cables en los países desarrollados tienen una o más líneas de radioreticulación y de reticulación química que abarcan una amplia variedad de productos.

En el mundo se emplean para estos fines más de 100 aceleradores de electrones con una potencia promedio de aproximadamente 40 a 50 kilovatios.

La radioreticulación de polímeros también se emplea en la producción de materiales contraíbles por calor tales como tuberías, películas y cintas magnéticas. Los productos se irradian y se reticulan hasta un nivel determinado de antemano. Una vez efectuada la irradiación, se calientan a una temperatura superior a la de fusión, se expanden en una o dos dimensiones entre dos y cuatro veces, y se enfrían para conservar indefinidamente la forma aumentada. Después de la aplicación el producto se calienta nuevamente hasta rebasar la temperatura de fusión del polímero y vuelve a la forma que tenía antes de la expansión.

Abundan las aplicaciones: envasado de alimento y productos, aislamiento de piezas y juntas eléctricas, empalmes para cables de telecomunicación y aislamiento de oleoductos. La tecnología es altamente avanzada y la transferencia está muy restringida por problemas de patentes, propiedad de la información y otros factores.

Varios de los grandes fabricantes de neumáticos de caucho, sobre todo en los Estados Unidos, Francia y el Japón, emplean la radiación para reticular el caucho no vulcanizado con miras a mejorar sus propiedades mecánicas en una de las etapas del proceso de fabricación.

La radioreticulación de polímeros también tiene otras aplicaciones en una escala comercial relativamente alta. Entre ellas figura la reticulación como parte de la producción de espuma polietilénica para embalajes, y la reticulación de tuberías polietilénicas para agua caliente. Aunque existen a escala comercial algunas formulaciones de polímeros "prefabricados" para el aislamiento y la radioreticulación, el suministro constituye un problema básico para la transferencia de esta tecnología a los países en desarrollo, que carecen de capacidades propias para la investigación y el desarrollo.

Curación por radiación: cintas de video, papel y paneles de madera

Este campo abarca una amplia gama de aplicaciones que incluyen la curación de revestimientos, tintas y sustancias adhesivas en una gran variedad de sustratos como papel, metal, madera y plásticos; papel para revestimiento o laminado, películas y papel metálico; curación de revestimientos magnéticos para cintas de audio y de video; y curación de dispositivos sensibles a la presión.

Entre las ventajas que ofrece está la aplicación de altas velocidades y una curación muy rápida y uniforme; la utilización de revestimientos libres de disolventes a fin de reducir el costo del revestimiento y eliminar la contaminación; la no acumulación de calor durante la curación, lo que permite que el proceso se aplique a sustratos sensibles a las temperaturas; y la reducción del consumo de energía y los requisitos de espacio.

La tecnología se caracteriza por el empleo de electrones de baja energía, generalmente en el rango de energías de 0,15 a 0,3 megavoltios. La característica principal de estas máquinas es que se pueden fabricar

con blindaje propio, lo que permite instalarlas en cualquier medio sin necesidad de las costosas y pesadas estructuras de concreto que son esenciales para la utilización segura de haces de electrones de alta energía o de radiación gamma a partir de isótopos.

En el proceso típico, la mezcla especial de revestimiento (generalmente con base de uretano, un material epóxico o un oligómero acrilatado) se aplica a la superficie del material y luego se cura mediante exposición a una cortina de electrones de alta energía. La polimerización se inicia por la formación de especies de radicales libres muy reactivos y concluye prácticamente en períodos extremadamente cortos en comparación con las curaciones térmicas que requieren mucho tiempo y un alto consumo de energía. Con los modernos aceleradores de haces de electrones y equipos de manipulación, la velocidad de curación está en el orden de los cientos de metros por minuto para anchuras de hasta aproximadamente dos metros.

Durante los últimos años las aplicaciones de curación mediante radiación se han incrementado considerablemente, sobre todo las aplicaciones relacionadas con la curación de medios magnéticos. Un fabricante estadounidense, por ejemplo, ha dado cuenta de la instalación de más de 70 nuevos aceleradores con blindaje propio, de baja energía, entre 1980 y 1983 en distintas partes del mundo.

Se encuentran disponibles a escala comercial muchas fórmulas para diversas aplicaciones de curación mediante radiación. La composición exacta suele estar patentada. Este hecho, unido a un control del proceso muy preciso (la velocidad, la cortina formada por el haz electrónico, y el medio ambiente), y el establecimiento de los parámetros del proceso, constituyen los principales obstáculos para la transferencia de tecnología. Por otra parte, las inversiones en aceleradores de haces de electrones, equipos para la manipulación y espacio de trabajo son moderadas y se pueden recuperar rápidamente.

Injertos y otros procesos: membranas, sartenes y productos de madera

Este proceso está destinado a aplicaciones para modificar las propiedades de superficie, fundamentalmente de materiales poliméricos. Por efecto de la radiación, en la superficie del polímero se forman focos radicales libres y activos. Si se ponen en contacto con monómeros reactivos, ya sea después de la irradiación o durante el proceso, un grupo funcional químico diferente puede quedar unido químicamente a la superficie.

La producción industrial basada en este proceso no es muy grande comparada con otras aplicaciones de radiación, pero se está aplicando con éxito en muchos países en la producción de materiales biocompatibles, membranas de intercambio de iones para diversos usos, y membranas permo-selectivas finas para separadores de batería.

La degradación de teflón (politetrafluoroetileno) mediante radiación se aplica en gran escala desde hace muchos años. En este caso, la radiación rompe la larga cadena molecular del polímero, reduce el peso molecular y convierte finalmente el teflón en polvo fino. Este proceso tiene gran aplicación en la producción de lubricantes especiales resistentes al calor, revestimientos de sartenes, y demás. El material de partida más común es el residuo de teflón.

Los compuestos de madera y plástico se producen mediante la polimerización radioinducida de monómeros que impregna la madera. Como resultado se obtienen productos de madera con propiedades mecánicas



Entre los productos en cuya elaboración interviene el tratamiento por irradiación se encuentran los neumáticos para automóviles, las piezas electrónicas, los artículos domésticos y el papel. (Cortesía de UKAEA)

superiores, aun en los casos en que el material de partida es madera de baja calidad. Aunque no en gran escala, esta técnica se utiliza con buenos resultados en los Estados Unidos para pisos, muebles y diversos utensilios. En lo esencial, este mismo proceso se utiliza en Francia y Checoslovaquia con resultados muy positivos, fundamentalmente para la conservación de objetos de arte de madera.

Nuevas tecnologías en la esfera de la radiación

En años recientes han surgido otros tratamientos de irradiación que son posibles candidatos a una mayor comercialización. Entre ellos figuran los siguientes:

- *La irradiación de alimentos.* El tratamiento de alimentos por irradiación, que en la actualidad se emplea en más de una docena de países, ha dado muestras de sus efectos positivos para preservar los alimentos y ampliar los suministros, en especial en regiones donde la descomposición es aguda y rápida. Hace tiempo ya que se dejó de poner en duda la comestibilidad de estos

alimentos. No obstante, habida cuenta de su historia de 40 años, el progreso en la esfera comercial ha sido vacilante. En términos de cantidades totales de alimentos irradiados (unas 35 000 toneladas en 1983), la industrialización se mantiene limitada por diversas razones. Hay algunos indicios de que las perspectivas cambiarán en el futuro inmediato, en especial respecto de los requisitos de la reglamentación. En la actualidad, alrededor de 80 productos básicos diferentes han obtenido permisos estatales para recibir tratamiento de irradiación. La aplicación que parece tener oportunidades de aceptación más inmediatas en la industria alimentaria es la esterilización de especies mediante la irradiación, que en estos momentos comienza a realizarse en los Estados Unidos, por ejemplo. De modo general, la actitud de la industria en cuanto a mayores perspectivas comerciales, al menos como se expresó en la reunión sobre tratamiento de irradiación celebrada en San Diego (Estados Unidos) en octubre de 1984, podría definirse como de "optimismo prudente", debido, en parte, a las decepciones sufridas en el pasado.

● *La irradiación de alimentos para los animales.* Este tratamiento ha alcanzado un nivel avanzado en Israel, por ejemplo, y en algunos otros países se considera que es el sustituto más viable del ácido propiónico. De modo general, se proponen dos tipos de aplicación: la *radappertización* (dosis absorbida elevada) de alimentos para animales de laboratorio y la *radicidación* (dosis absorbida baja) de piensos para animales de granja. La primera aplicación, que se suele requerir sólo para cantidades pequeñas, ya se practica en un nivel semi-comercial. La otra se emplea para volúmenes de toneladas por hora y su principal objetivo es la descontaminación de los alimentos que contienen salmonelas y otros microorganismos patógenos. En las reglamentaciones nacionales existe cada vez mayor conciencia de los problemas derivados de ese tipo de contaminación, y se exigen normas más elevadas de calidad microbiológica.

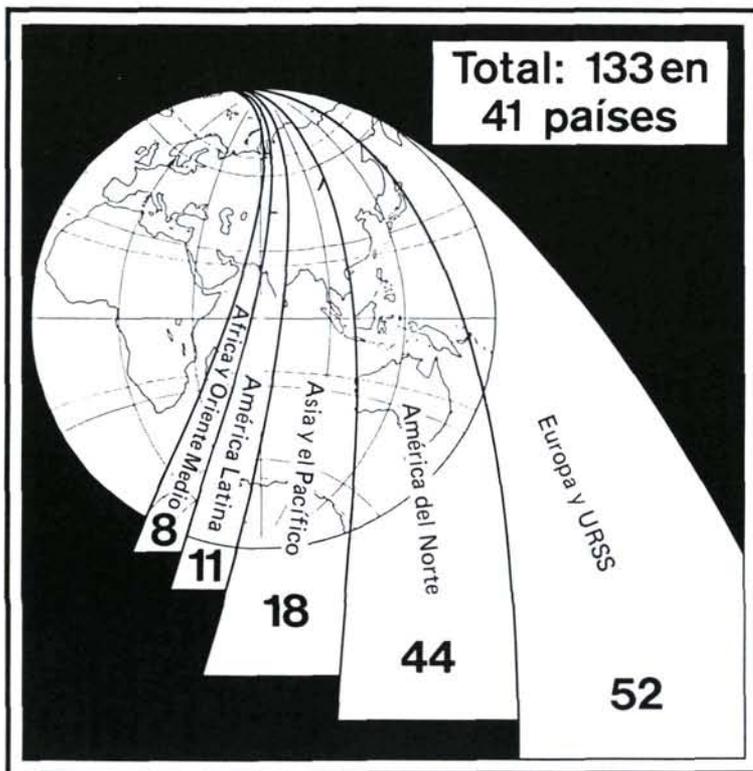
● *La irradiación de fangos cloacales.* Este procedimiento se ha demostrado de manera eficaz en varias instalaciones a escala piloto en los Estados Unidos y la República Federal de Alemania. Una vez que se descontamina, el fango puede emplearse como fertilizante y como suplemento alimentario de los rumiantes. Se han construido varias instalaciones experimentales que emplean cobalto-60, cesio-137 y aceleradores de haces de electrones, al tiempo que en Italia y en la India se encuentran en vías de planificación y construcción otras

instalaciones de mediano tamaño. Habida cuenta de que la mayor parte de la investigación efectuada sobre esta tecnología está disponible en literatura fácilmente asequible, su introducción en los países en desarrollo podría ser relativamente simple y directa.

● *Irradiación de los gases de las chimeneas.* Esta técnica pretende eliminar de manera simultánea los óxidos de azufre y de nitrógeno de los gases de combustión en las centrales que queman carbón con alto contenido de azufre. Un procedimiento que Ebara ha desarrollado en el Japón y que se ha ensayado en una planta piloto construida en 1977 emplea haces de electrones en presencia de amoníaco. Se eliminan los óxidos contaminantes y se obtienen sales de amoníaco como subproductos que se emplean a modo de fertilizantes. En la actualidad está a punto de terminarse una instalación de demostración en los Estados Unidos, cuyo funcionamiento está previsto para 1985 y que tendrá un período de prueba de un año por lo menos. Un posible obstáculo para el desarrollo de esta tecnología podría ser la necesidad de máquinas generadoras de haces electrónicos de alta potencia en intervalos de energía moderados (alrededor de un megavoltio) pero con haz de potencia muy elevada (entre 500 y 1000 kilovatios). Esto excede en mucho las capacidades actuales de las máquinas dotadas de cañones electrónicos sencillos, por lo que se requieren adelantos tecnológicos.

Irradiadores gamma que funcionan en el mundo

Alemania, República Democrática	1
Alemania, República Federal de	5
Arabia Saudita	2
Argentina	3
Australia	3
Bélgica	1
Brasil	3
Canadá	4
Checoslovaquia	1
Chile	1
Dinamarca	3
Egipto	1
El Salvador	1
Escocia	2
España	1
Estados Unidos de América	40
Finlandia	1
Francia	3
Grecia	1
Hungría	1
India	2
Indonesia	1
Irán	1
Irlanda	2
Israel	1
Italia	5
Japón	7
Malasia	1
México	2



Nueva Zelandia	1	Suecia	2
Países Bajos	2	Suiza	1
Reino Unido	8	Tailandia	1
República de Corea	1	URSS	11
Singapur	1	Venezuela	1
Sudáfrica	3	Yugoslavia	1

Diseño: W. Kalabis

Fuente: AECL

Fuentes de irradiación: tendencias futuras

Las polémicas iniciales sobre las ventajas y los inconvenientes relativos de las fuentes de rayos gamma frente a los aceleradores de haces de electrones han sido resueltas en gran medida por la práctica.

En la actualidad, suelen preferirse las fuentes de rayos gamma para la radioesterilización, la irradiación de alimentos y, en general, para el tratamiento de productos de gran volumen. Por otra parte, las máquinas aceleradoras de haces de electrones se utilizan exclusivamente para aplicaciones de curación de superficies y para radioirradiación. Es muy probable que sean las preferidas para aplicaciones que requieren grandes insumos de energía y una penetración relativamente baja, tales como la irradiación de piensos para animales y la desinfección de cereales.

En algunas esferas que tienen aspectos coincidentes, es posible emplear ambas fuentes de irradiación y la que se elija dependerá probablemente de análisis técnicos y económicos pormenorizados y de otros factores colaterales.

El actual avance que se produce en el diseño de máquinas aceleradoras de haces de electrones apunta a nuevos adelantos. Por ejemplo, se perfeccionan los sistemas de cañones electrónicos sin filamentos para aceleradores de haces de electrones de baja energía, al igual que sistemas de tratamiento por electrones de gran velocidad con una mayor longitud en la zona de irradiación y una técnica de rotor refrigerado para aplicaciones de baja energía superficiales. Además, los aceleradores lineales de electrones (LINACS), que en el pasado eran menos apreciados en la industria, en la actualidad han alcanzado una etapa que permite la construcción de máquinas de gran potencia que pueden emplearse también como generadores de rayos X con una eficacia de conversión suficientemente elevada.

Respecto de los irradiadores gamma, se han logrado avances muy importantes. Entre ellos se encuentran el perfeccionamiento de irradiadores hiperactivos de cobalto-60 e irradiadores de bandeja de cobalto-60 para aplicaciones plurifuncionales. Entre sus características se incluyen el funcionamiento controlado por computadora, el funcionamiento con fuentes divididas y un sistema de incremento de dosis.

El desarrollo de las tecnologías de radiación

La investigación aplicada en materia de radiación se realiza en una escala tan amplia que cualquier intento de relacionar todas las aplicaciones actualmente posibles

que se encuentran en el nivel de investigación y desarrollo correría el riesgo de pasar por alto adelantos importantes. Teniendo esto presente, se relacionan a continuación algunos métodos que están despertando gran interés:

- *Conversión de la biomasa.* En la actualidad el objetivo final de la investigación en muchos países es el empleo de la irradiación —ya sea sola o combinada con otros procedimientos— para la degradación de materias lignocelulósicas, con frecuencia desechos agrícolas, a fin de obtener azúcar y alcohol. Otro objetivo, como se hace patente en el Brasil, es el tratamiento por irradiación de las virutas de madera para mejorar la eficacia de la pulverización en la producción de aserrín fino. Se puede reducir de manera significativa el empleo de la energía y obtener partículas de madera más pequeñas, que han demostrado ser excelentes para los sistemas que emplean combustible en suspensión. El aserrín puede utilizarse también como materia prima para la alimentación continua de procesos hidrolíticos.

- *La inmovilización de materiales bioactivos.* Se pueden emplear diferentes técnicas para atrapar en gels, por medios físicos o químicos, las especies biológicamente activas o para fijarlas en un medio inmovilizado con el fin de producir, por ejemplo, enzimas, anticuerpos, células y medicamentos. Mediante la inmovilización, es posible mantener una actividad enzimática elevada durante un período mayor o se pueden retardar o programar las entregas de medicamentos para obtener mejores resultados industriales o médicos.

- *Vulcanización del caucho.* La vulcanización por irradiación del látex de caucho natural está demostrando ser más sencilla y eficaz en función del consumo de energía que la vulcanización por azufre, y posee propiedades físicas y mecánicas similares. En la actualidad se llevan a cabo proyectos a escala experimental en Indonesia y se prevé la comercialización en un futuro próximo.

- *Polímeros biocompatibles.* Las técnicas de irradiación de injertos se utilizan para sintetizar polímeros biológicamente compatibles de grupos hidrofílicos y funcionales diferentes. Por ejemplo, la compatibilidad sanguínea es un importante tema de investigación. Entre los productos que se pueden desarrollar a partir de esta técnica están los dispositivos diseñados para ser colocados en el cuerpo humano y para que estén en contacto prolongado con los tejidos, así como para el uso externo. Algunas de estas aplicaciones se encuentran ya en etapas de comercialización a escala reducida.