LAS ECONOMIAS EFECTUADAS EN LA INDUSTRIA Y LA AGRICULTURA GRACIAS AL EMPLEO DE RADIOISOTOPOS

En un debate público organizado por el OIEA durante la última reunión de su Conferencia General y celebrado el 24 de septiembre de 1963, eminentes expertos de seis países disertaron sobre las economías y beneficios que se han logrado en la industria y en la agricultura gracias al uso de radioisótopos. Los oradores fueron:

El Dr. Glenn T. Seaborg, Presidente de la Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos

El Profesor V.S. Emelyanov, Presidente Adjunto de la Comisión Estatal de Utilización de la Energía Atómica de la Unión Soviética

El Dr. Charlie Fisher, Director del Departamento de Radioisótopos de Saclay (Francia)

El Dr. A.R. Gopal-Ayengar, Director del Servicio de Biología de la Comisión de Energía Atómica de la India

El Dr. G.C. Laurence, Presidente de la Comisión de Energía Atómica del Canadá

El Dr. J.L. Putnam, Director Adjunto del Laboratorio de Investigaciones de Wantage y de la Junta de Energía Atómica del Reino Unido.

Dirigió el debate el Dr. H. Seligman, Director General Adjunto del Departamento de Investigaciones e Isótopos del OIEA.

A continuación se transcriben las disertaciones de los oradores, a las que siguió un breve debate público.

GLENN T. SEABORG

A todos nos debe colmar de satisfacción el saber que los radioisótopos se han convertido en un utilísimo instrumento de trabajo cuya valía y eficacia han quedado sobradamente demostradas en muchas y muy variadas aplicaciones. La contribución que aportan a nuestra salud, bienestar y economía esos subproductos de la era atómica, adaptables a tan distintas finalidades, se acrecienta sin cesar. Sus múltiples aplicaciones se hallan tan íntimamente entrelazadas con nuestra vida que resulta difícil calcular exactamente el valor de cada una. Las más valiosas son a veces las menos fáciles de valorar, al menos en términos monetarios. Por ejemplo, con los indicadores radiactivos hemos obtenido una nueva imagen de los procesos dinámicos de la naturaleza. ¿Cómo podemos valorar este hecho? Si pudiéramos conseguir lo mismo utilizando procedimientos más tradicionales, entonces podríamos atribuir el ahorro obtenido a la intervención de los isótopos; pero en casi todos los casos, los indicadores radiactivos desempeñan un cometido sin precedentes y único en su género. Lo mismo sucede con la aportación de los radioisótopos en diagnosis y terapéutica. En efecto, ¿en cuánto se puede valorar la salvación de una vida humana?

Glenn T. Seaborg

No menos importantes son las economías indirectas e imponderables que se pueden lograr en la industria con el uso de los radioisótopos. Por ejemplo, los indicadores radiactivos facilitan y acortan la labor de investigación, aunque las considerables economías materiales así conseguidas se consignen rara vez en el balance de una empresa, de igual manera que tampoco se consignan las horas-hombre economizadas por los científicos y que tan importantes son hoy en día para el progreso de una nación.

El material que se ahorra con los dispositivos radioisotópicos de control de procesos industriales y la reducción de pérdidas en concepto de productos desechados que se consigue, son bien perceptibles y considerables. Por otra parte, mayor importancia aún puede revestir el excelente control de calidad que se logra con el uso de calibradores nucleares. Gracias a los calibradores y a la radiografía isotópicos

se puede dar a los productos la consistencia apetecida. Esto redunda en beneficios inestimables que no se pueden valorar en términos monetarios; por ejemplo, la garantía de buen funcionamiento y la seguridad de gran variedad de artículos como, por ejemplo, neumáticos, calderas, recipientes de presión, buques y aeroplanos, para no citar sino unos cuantos ejemplos.

Nos resistimos a hacer conjeturas sobre las economías que cabe atribuir a uno de los usos más antiguos de los radioisótopos: la determinación del perfil de perforación de pozos de petróleo. Son muchos los yacimientos petrolíferos descubiertos o renovados totalmente con ayuda de esta técnica.

De todos modos, a pesar de estas limitaciones es posible calcular hasta cierto punto las economías conseguidas, pues poseemos datos sobre ahorros directos que pueden servir como punto de referencia para contrastar la verdadera utilidad del empleo de radioisótopos. Por ejemplo, la Comisión de Energía Atómica hizo una encuesta en 1958, para la cual encargó a una organización de investigaciones comerciales de nuestro país (la National Industrial Conference Board) que se dirigiera a todas las industrias nacionales autorizadas a emplear radioisótopos para averiguar qué economías directamente contabilizables habían obtenido gracias al empleo de radioisótopos. Simultáneamente, la Comisión de Energía Atómica hizo un estudio de mayor envergadura para calcular las economías y los beneficios indirectos obtenidos por los consumidores. El estudio de la organización privada puso de manifiesto que las economías directas hechas por la industria eran de unos 40 millones de dólares anuales, y el estudio de la Comisión de Energía Atómica, que incluía los beneficios indirectos, arrojó una cifra de 400 millones de dólares anuales, como mínimo, para los ahorros realizados en toda la economía nacional. Esta diferencia (casi el décuplo) parece normal, teniendo en cuenta lo dispares que fueron los criterios seguidos en cada uno de los métodos de cálculo y su distinto alcance.

En los cinco últimos años, las autorizaciones expedidas para emplear radioisótopos en la industria y las ventas de estos productos han aumentado a más del doble. Si nos basamos en los estudios de 1958, esto nos indica que actualmente las economías brutas directas e indirectas conseguidas en nuestro país gracias al empleo de radioisótopos en la industria son de unos mil millones de dólares anuales.

No menos difícil resulta calcular las economías conseguidas con el empleo de radioisótopos en la agricultura. Así por ejemplo, aunque sabemos que la erradicación de la Chrysomyia macellaria en el sudoeste de los Estados Unidos supone un ahorro de 11 millones de dólares, ¿por cuántos años hemos de imputar este beneficio al empleo de isótopos? ¿Y cómo calcularemos las ganancias obtenidas con las investigaciones radioisotópicas que nos permiten determinar dónde y cuándo podemos economizar agua y abonos? Para identificar y calcular tales economías en las explotaciones agrícolas de nuestro país tendríamos que efectuar extensas investigaciones y extrapolar muchísimos datos. La elevada productividad de nuestra agricultura complica aún más las cosas. En efecto, ¿qué ahorro supone el aumento de la producción de cereales en un país como el nuestro, que tropieza con dificultades únicas para almacenar sus enormes excedentes de granos?

Tales interrogantes nos hacen descartar las economías directas como criterio válido para calcular los beneficios que el uso de los radioisótopos reporta a la agricultura. Por eso, el estudio sobre el ahorro en esta esfera, patrocinado por la Comisión de Energía Atómica, se basó en el criterio de las economías indirectas. En un estudio que el Stanford Research Institute hizo en 1959 se calculó que si comienzan a ponerse en práctica los resultados de las investigaciones, el empleo de los radioisótopos en la agricultura de nuestro país supondrá en 1980 un beneficio mínimo de 180 millones de dólares anuales. Algunas de las ventajas que se pueden conseguir en el sector agropecuario gracias a las investigaciones con ayuda de radioisótopos son ya un hecho en la actualidad: por ejemplo, ya se empiezan a utilizar especies vegetales en las que se han provocado mutaciones para hacerlas más resistentes y fructíferas. Pero en agricultura las innovaciones necesitan tiempo, y los resultados de las investigaciones con ayuda de radioisótopos no han llegado a aplicarse plenamente en las granjas de nuestro país.

Los mercados ofrecen amplias posibilidades para todas las aplicaciones industriales más corrientes de los radioisótopos. Por esta razón, esperamos que en el futuro se mantenga o incluso aumente el actual ritmo de incremento de los beneficios que reportan los radioisótopos. Más aún, la nueva tendencia a la comercialización que se registra ahora en la tecnología hace augurar una acusada aceleración del empleo de isótopos en los cinco próximos años, con el consiguiente aumento de beneficios económicos.

En particular, con el empleo de las radiaciones en los procesos químicos se conseguirán considerables ahorros. Este uso de las radiaciones ha tardado bastante en demostrar su verdadera utilidad por las dilatadas investigaciones y experiencias que ha habido que efectuar antes de llevarlo a la práctica. De todos modos, en la actualidad se emplean ya diversos sistemas de irradiación para producir o modificar sustancias químicas y materiales plásticos, y se prevé la utilización de otros en breve.

Nuestros programas de empleo de las radiaciones para pasteurizar algunos productos y esterilizar otros contarán pronto como fuente de economías y cobrarán sensible importancia en los próximos años. En el caso de los productos alimenticios, el objetivo inmediato de los trabajos iniciales de la Comisión es

demostrar las ventajas económicas de la pasteurización de frutas y pescados por irradiación. Pensamos que se obtendrán economías al poder prolongar el almacenamiento de los alimentos, al haber menos géneros estropeados, al reducirse los gastos de transporte y al ampliarse las posibilidades de venta.

El programa de conservación de alimentos ilustra cómo la Comisión de Energía Atómica colabora con la industria privada y con otros organismos oficiales para acelerar los beneficios de la tecnología nuclear. Buena parte de nuestro programa de empleo de radioisótopos tiende, como es lógico, a perfeccionar y generalizar las técnicas isotópicas que se encuentran en la fase experimental. Pero para animar a la industria privada a aprovechar estos nuevos procedimientos y a aplicarlos en bien de la economía tenemos a menudo que efectuar demostraciones prácticas. Este es el mejor sistema si se aplica en cooperación con el organismo o la empresa privada que vaya a utilizar los isótopos.

Otro ejemplo es el dispositivo empleado para medir la dispersión frontal de partículas beta. Un instrumento de este tipo se envió recientemente a la estratosfera en un globo y ha permitido telemedir la densidad real del aire rarificado. Por razones obvias, el Weather Bureau de los Estados Unidos copatrocina estos trabajos y coopera en ellos. La industria se interesa también por las posibilidades que ofrece este dispositivo para medir el grado de vacío.

Confiamos en que el vasto programa de aprovechamiento energético de los isótopos, que ejecuta la Comisión de Energía Atómica en cooperación con otros organismos oficiales, permita encontrar nuevas aplicaciones industriales como, por ejemplo, las comunicaciones comerciales espaciales. En suma, los beneficios obtenidos con el empleo de los radioisótopos en la agricultura y en la industria de nuestro país se han duplicado aproximadamente en los cinco últimos años y creemos que serán aún mayores en el quinquenio próximo. El panorama es alentador, pero el potencial que queda por aprovechar es tan enorme que no podemos sentirnos satisfechos.

VASILY S. EMELYANOV

Las perspectivas que ofrece el empleo de los radioisótopos en la industria, como resultado del desarrollo de los reactores nucleares, pueden compararse a un vasto y muy rico yacimiento aurífero. Lo único que hace falta es saber explotar bien el yacimiento, pero en el caso de los radioisótopos los buscadores de oro han de poseer profundos conocimientos, ya que su capacitación tradicional no les basta en modo alguno para trabajar con estas sustancias.

Nos hemos reunido para hablar de "las economías efectuadas en la industria y la agricultura gracias al empleo de radioisótopos". Que el empleo de radioisótopos reporta economías -a veces muy considerables- es cosa bien sabida, aunque sea difícil calcular su cuantía exacta. Así nos lo acaba de decir el Dr. Seaborg. En la Unión Soviética utilizan radioisótopos muchas organizaciones que se dedican a las ramas más variadas de la ciencia y de la tecnología y se ocupan de diferentes campos de la actividad humana.

En metalurgia se usan isótopos para estudiar el movimiento de los materiales en los altos hornos y conseguir que su circulación sea uniforme, y para lograr una distribución regular de los gases dentro de los hornos. Así se garantiza el buen funcionamiento de éstos y, a la larga, se podrá controlar automáticamente todo el proceso y elevar la productividad de los talleres de fundición. Los radioisótopos se utilizan para la medición de espesores en la fabricación de planchas y flejes para tuberías, pues se puede comprobar el espesor del metal sin reducir la velocidad de laminación, lo que contribuye a su vez a aumentar la productividad de los talleres. La calidad del metal colado y de las aleaciones se puede controlar también con los radioisótopos, que en nuestro país se utilizan asimismo mucho en soldadura.

V.S. Emelyanov

Por su parte, la industria química emplea cada vez más las fuentes de radiación para mecanizar y automatizar la producción. Con los isótopos se puede garantizar la dosificación exacta de los componentes pulverulentos y líquidos de los productos fabricados, y se pueden controlar factores tales como la presión, la densidad, el nivel, la temperatura y muchos otros.

En la exploración geológica, los radioisótopos constituyen un instrumento de búsqueda excepcionalmente perspicaz y sensible que ayuda al geólogo a encontrar minerales aprovechables. En la Unión Soviética, la exploración con fuentes neutrónicas ha sido valiosísima para la prospección de petróleo, pues no sólo ha permitido descubrir nuevos yacimientos

sino que ha ayudado a poner de nuevo en explotación muchos pozos abandonados.

Entre los múltiples campos de actividad a los que ha beneficiado la generalización del empleo de radioisótopos en la Unión Soviética cabe citar la biología, la medicina y la agricultura. En la investigación científica pura, los radioisótopos son un inapreciable instrumento de experimentación que permite observar delicados procesos bioquímicos y conocerlos hasta un punto que los investigadores del pasado jamás hubieran creído posible; además, los isótopos se utilizan en muchos experimentos de importancia práctica inmediata. Por ejemplo, marcando los abonos con radioisótopos se puede determinar la manera más eficaz de emplearlos. Irradiando cereales se destruyen los organismos nocivos y se conserva el grano. Irradiando semillas antes de la siembra se mejora el rendimiento de ciertas cosechas. A veces es posible aumentar la parte utilizable de las plantas por irradiación; por ejemplo, nuestros investigadores han demostrado que puede aumentarse el contenido de azúcar de la remolacha azucarera, el contenido de carotina de las zanahorias, etc. Indudablemente, el uso de la radiactividad en agricultura y en investigación biológica es una cuestión sumamente compleja, por intervenir simultáneamente muchos factores diferentes; éste es un hecho que conviene no pasar por alto.

Una particularidad de nuestros últimos trabajos con radioisótopos es su empleo en conjunción con otras conquistas de la tecnología moderna. Con los radioisótopos se facilita considerablemente la automación y mecanización de muchos procesos industriales. En nuestro país procuramos con particular ahinco automatizar las actividades más desagradables y penosas para el hombre; por ejemplo, estamos comenzando a emplear máquinas automáticas para la extracción, trituración y transporte de minerales y carbón. En uno de los grandes complejos mineros construidos recientemente en Ucrania -las minas de hierro de Krivorozh- se han instalado centenares de máquinas para la molienda y trituración del mineral; estas máquinas, que regulan la admisión de mineral y lo dirigen de un dispositivo a otro, se basan en el empleo de radioisótopos. En trabajos como éste los radioisótopos sirven de verificadores rigurosos e incansables que liberan al hombre de tareas desagradables y agotadoras.

Tantas son las actividades en que se utilizan con éxito las radiaciones que resultaría aburrido enumerarlas todas; más cómodo sería citar sólo aquellas en que no se emplean, pero ni siquiera esto sería fácil, pues cada vez cuesta más trabajo encontrar actividades que no los utilicen. La República Socialista Soviética de Letonia ilustra perfectamente cómo se utilizan hoy los isótopos en la Unión Soviética. Letonia es una pequeña República, pero en ella más de 70 empresas emplean isótopos: minas de carbón, fábricas de cemento y de azúcar, fábricas de madera contrachapada, de discos y de aparatos de radio, e incluso confiterías. Hace aproximadamente mes y medio visité un obrador de pastelería en el que los radioisótopos comprueban y regulan automáticamente la temperatura de los hornos. Este es sin duda uno de los campos más pacíficos de la actividad humana.

Es difícil calcular en cifras los enormes beneficios que reporta el empleo de los radioisótopos. De todos modos, el hecho de que su uso se extienda cada vez más hace superfluo todo comentario. Hemos tratado de valorar las economías obtenidas con su empleo y nuestros cálculos, aunque distan mucho de ser completos, arrojan cifras de centenares de millones de rublos al año.

Citaré un ejemplo más de cómo los isótopos pueden emplearse provechosamente, ejemplo que se me acaba de ocurrir. En las fábricas de tejidos y de películas cinematográficas de la Unión Soviética los isótopos han encontrado extraordinaria aceptación como medio de eliminar la electricidad estática. Así se superan las dificultades que solía causar la acumulación de electricidad estática en los elementos de las máquinas, y se consigue aumentar la productividad de la maquinaria.

Para terminar, permítaseme destacar una vez más que el empleo de los radioisótopos es una conquista que abre perspectivas muy prometedoras para la física y la radioquímica. Quisiera animar al Organismo Internacional de Energía Atómica a desplegar aún mayores esfuerzos para fomentar su desarrollo.

CHARLIE FISHER

Por mi parte, quisiera señalar sobre todo que si el uso de los radioisótopos ha de extenderse rápidamente, es indispensable instaurar buenas relaciones entre los organismos nacionales que producen los radioisótopos y los múltiples usuarios que los utilizan y cuyas necesidades son tan diferentes. Quisiera hablarles acerca de la experiencia que hemos adquirido en Francia, donde las actividades de energía atómica están muy centralizadas.

En mi país recurrimos a medios corrientes de información, conferencias y publicaciones técnicas para que los ingenieros formados en las disciplinas tradicionales se familiaricen con las técnicas especiales que supone el empleo de radioisótopos; naturalmente, también organizamos cursos especiales. Ahora bien, si queremos que el uso de los radioisótopos se extienda rápidamente, lo mejor y más directo es establecer relaciones con los organismos técnicos especializados o con los fabricantes de equipo radioisotópico, creando al mismo tiempo en el seno de la organización nacional (que en Francia es el Commissariat à l´énergie atomique) un comité especializado en las aplicaciones de los radioisótopos, con

el que los usuarios pueden discutir sus problemas y examinar las aplicaciones particulares que les interesan.

Son tantas y tan diversas las posibilidades de empleo de los radioisótopos que la mayor parte de la labor se debe efectuar, en cuanto sea posible, fuera del marco de las comisiones nacionales de energía atómica: un experto en radiactividad no puede ser al mismo tiempo especialista en metalurgia, en obras públicas y en hidrología. De aquí la necesidad de establecer estrechas relaciones entre las diferentes ramas de la técnica. En mi país, algunas aplicaciones de los isótopos hace tiempo que son patrimonio exclusivo de la industria privada; por ejemplo, la gammarradiografía y el empleo de diferentes tipos de calibradores para medir espesores, niveles o densidades. Estas técnicas representan la mayor parte de las aplicaciones posibles y gracias a ellas se obtienen las más importantes economías derivadas del empleo de radioisótopos.

Charlie Fisher

Con todo, se ha estimado necesario encauzar parte del trabajo centralizado de la Comisión hacia otros sectores que se hallan en plena evolución. Voy a darles algunos ejemplos.

En hidrología e hidráulica, los radioisótopos ofrecen un medio ideal para estudiar las corrientes subterráneas, aforar el caudal de los ríos y observar el movimiento de las arenas. Evidentemente, es difícil valorar la ganancia que todo esto supone y para extender estas aplicaciones será preciso realizar considerables progresos técnicos.

Estamos estudiando el uso de calibradores especiales, en particular de modelos en los que las radiaciones estimulan los rayos que sirven para identificar la presencia de un elemento dado, permitiendo así una especie de análisis no destructivo.

El análisis por activación es otra técnica de la que cabe esperar mucho y en torno a la cual se realizan considerables trabajos de investigación y perfeccionamiento. Se hacen radiactivos los elementos que se desea investigar para poder detectar su presencia y medirlos; ésta es una técnica sensibilísima que permite hacer análisis rápidos en casos sumamente difíciles de tratar por los métodos químicos corrientes.

Por último, las investigaciones acerca del empleo de radiaciones emitidas por fuentes de elevada intensidad se concentran en torno a la preparación o perfeccionamiento de métodos de dosimetría, medición y protección a fin de elaborar una tecnología apropiada para las instalaciones industriales.

Para mostrarles cómo cooperamos con la industria de nuestro país les diré que hay un grupo de grandes empresas químicas que utilizan los efectos de las radiaciones. La Comisión tenía varias decenas de millares de curies de cobalto depositados en la instalación construida por este grupo. Esta cantidad ha aumentado con el tiempo y así se ha establecido una colaboración entre la Comisión y las empresas privadas para la utilización conjunta de las instalaciones comunes.

Algo semejante se ha hecho con respecto al análisis por activación, a fin de proporcionar a la industria laboratorios capaces de ejecutar estos análisis regularmente.

Como resultado de todo ello, el número de usuarios de radioisótopos aumenta anualmente en un 20 por ciento, sobre todo en lo que toca a las aplicaciones más corrientes; siempre se necesita algún tiempo hasta que se comienzan a utilizar regularmente los tipos más nuevos de calibradores o de indicadores.

Un estudio hecho en Francia acerca de las economías logradas gracias al empleo de radioisótopos da los siguientes resultados para 1961. Las economías que el Dr. Seaborg ha denominado directas ascendieron a 40 millones de francos, de los que el 90 por ciento corresponden a la gammarradiografía y a los calibradores. Nos ha resultado muy difícil hacer un cálculo de los beneficios regularmente realizados gracias al empleo de indicadores, pero se conocen determinados usos que representan una economía del mismo orden de magnitud.

Mi opinión personal es que queda aún mucho por hacer en lo que toca al aprovechamiento de los radioisótopos y a sus aplicaciones; confío en que, gracias a la cooperación con el Organismo, demos un amplio impulso a su empleo, pues las aplicaciones posibles son prácticamente ilimitadas.

A.R. GOPAL-AYENGAR

Después de referirse en términos generales a la gran variedad de aplicaciones de los radioisótopos y

a su importancia como medio para mejorar la producción y ampliar conocimientos, el Dr. Gopal-Ayengar dijo que a la India le interesaban sobre todo los beneficios que podían obtenerse en agricultura gracias al empleo de los radioisótopos, por tratarse de un país de economía predominantemente agrícola. Considerables son las sumas economizadas en los Estados Unidos gracias a la erradicación de la Chrisomyia macellaria por esterilización de machos, y no menos importantes serán los ahorros que se efectúen si con el empleo de radioisótopos se reduce la frecuencia de la coccidiosis, enfermedad parasitógena de las aves de corral y del ganado bovino y lanar. El orador continuó diciendo:

A. R. Gopal-Ayengar

La esterilización de insectos machos es un método que ha encontrado múltiples aplicaciones útiles. La East African Tsetse Organisation of Uganda y la London School of Tropical Medicine and Hygiene han estudiado uno de los insectos más nocivos: la mosca tse-tse. La técnica de esterilización de machos se ha aplicado también en la lucha contra la mosca mediterránea de la fruta, parásito que ataca a toda una serie de frutos.

La lucha contra los parásitos del grano, de la harina de trigo y de otros cereales tiene asimismo gran importancia. Estos parásitos causan enormes pérdidas de harina, grano y cereales almacenados. El gorgojo de los granos, el tenebrión de la harina y otros parásitos de los cereales son quizá los insectos más nocivos para la harina, los productos cereales elaborados y los granos. En los Estados Unidos se calcula que las pérdidas causadas por los insectos son de 4 000 000 000 de dólares sin contar el costo de los insecticidas y fumígenos, de los cuales se utilizan unos 300 millones de libras al año. La fumigación de agentes químicos es eficaz contra las larvas o los insectos adultos pero no para los huevos, a no ser que se repita la fumigación hasta destruir a los insectos nacidos de dichos huevos. La radiación gamma emitida por una fuente de cobalto-60 es mucho mejor que la fumigación de agentes químicos pues esteriliza los huevos y el insecto adulto. Los radioisótopos se han convertido en un instrumento indispensable para estudiar la bioquímica y fisiología de los insectos, sus hábitos migratorios, de vida y de alimentación, así como el mecanismo de acción del DDT y de otros insecticidas.

Los radioisótopos se emplean mucho en la cría selectiva de ganado vacuno. Mediante estudios realizados con ayuda de un isótopo del yodo (yodo-131) se está tratando de relacionar la función tiroidea con el índice de producción lechera. Esta información se utiliza en algunos Estados como base para seleccionar animales de cría de variedades resistentes al calor.

Pasemos ahora a las economías realizadas en agricultura gracias a los estudios sobre nutrición, fisiología y mutación vegetal. Medidos en función del aumento de la productividad, los beneficios económicos que en último término derivan de la investigación agronómica son de considerable importancia. Se calcula que la mitad de los habitantes de la tierra padecen de hambre, y la población mundial crece con gran rapidez. Son varios los imponderables que pueden malograr la producción agrícola. El objetivo que persiguen muchos proyectos de investigación es prevenir y eventualmente eliminar las causas de pérdida en la producción, y es posible calcular las economías que se pueden lograr en la agricultura y la industria, economías que, a pesar de la falta de datos estadísticos, puede decirse ya que serán considerables. Gracias a la investigación fundamental con medios nucleares se han ideado métodos eficaces para evitar esas pérdidas. Los problemas que plantean las enfermedades en agricultura se están resolviendo mediante la creación de especies resistentes a los agentes patógenos, la regulación o eliminación de insectos vectores, y el aumento de nuestros conocimientos acerca de las necesidades nutritivas de las plantas. Los problemas planteados por las malas hierbas se están resolviendo mediante el estudio de los suelos y la preparación de nuevos y eficaces herbicidas.

Los estudios sobre fitofisiología reportan economías considerables, al igual que los relativos al uso de abonos. El estudio de abonos y suelos con indicadores radiactivos contribuye a determinar las necesidades de las plantas en distintas condiciones. El conocimiento de la clase y cantidad de abono necesario para diferentes plantas en condiciones distintas, así como la manera de aplicarlo, ayuda a encontrar nuevos sistemas de alimentación radical o foliar. El estudio del modo de penetración, distribución y acción de las sustancias fitoreguladoras ayuda a impedir la caída del fruto antes de la recolección

y a regular la floración y fructificación. Con ayuda de indicadores radiactivos se han elaborado herbicidas, importante descubrimiento para la agricultura. Estos descubrimientos influyen directamente en el aumento de la productividad agrícola. Por ejemplo, un aumento del 20 por ciento en el rendimiento de la remolacha azucarera, la cebada y la patata, y del 50 al 75 por ciento en el de la alfalfa, obtenidos gracias a la utilización eficaz de abonos fosfatados, reportará un beneficio anual del orden de varios millones de dólares, sólo en lo que respecta a estos cultivos.

Las aplicaciones de los radioisótopos en la industria de los alimentos son también importantes. La conservación de alimentos por irradiación se encuentra aún en sus fases iniciales de desarrollo económico, pero el procedimiento parece ser útil y práctico. Algunas aplicaciones de las radiaciones y de los radioisótopos han recibido ya una acogida favorable. Su finalidad es impedir la pérdida de artículos alimenticios almacenados provocada por la acción de los gorgojos y otros insectos dañinos, aumentar el período de conservación del pescado, aves, carne y verduras, impedir la germinación de las patatas, y buscar otros métodos de esterilización y pasteurización que no degraden considerablemente las sustancias nutritivas esenciales. En materia de salud pública, las radiaciones pueden utilizarse para luchar contra las enfermedades transmitidas por los alimentos: tuberculosis, ántrax, brucelosis, salmonelosis, etc., así como contra las infecciones producidas por parásitos animales, como la tenia, y las originadas por hongos y protozoos.

El empleo de indicadores radiactivos para aforar caudales de agua y estudiar el movimiento del lecho de los ríos es de gran utilidad para la construcción de presas y, por lo tanto, contribuye en gran medida al bienestar de una nación en general, aunque la contribución no tenga un carácter comercial. Después de estudiar con radioisótopos el movimiento de los sedimentos en varios puertos -me refiero en particular a ciertos experimentos ejecutados en los puertos de Bombay y Cochín- se ha modificado el emplazamiento de los vertederos de sedimentos dragados, lo que ha reducido el costo de conservación de los canales de navegación. Las economías así obtenidas no se pueden evaluar sino después de transcurridos muchos años. En el río Hooghly (estuario del Ganges) se están realizando experimentos análogos que seguramente ayudarán mucho a mejorar la navegación.

El movimiento de los sedimentos en los puertos de Bombay, Cochín y Karwar, así como en el estuario de Calcuta, se ha estudiado con ayuda de escandio-46 y de oro-198. Con el escandio-46, cuyo período de semidesintegración es de 84 días, se ha podido estudiar el movimiento de los sedimentos durante todo el año y se han obtenido datos para localizar los emplazamientos más favorables para verter los sedimentos dragados. Esto ha reportado considerables beneficios, calculados en más de un millón de rupias. Se confía en que otros estudios análogos, que se están ejecutando para mejorar el canal de navegación del río Hooghly, permitan hacer también economías considerables en el puerto de Calcuta.

El uso de los radioisótopos se extiende rápidamente en mi país, como puede deducirse de la cantidad utilizada para fines industriales, que se ha multiplicado por ocho durante los tres últimos años. Los radioisótopos se utilizan en las acererías, en los talleres de laminación de chapa metálica y en radiografía industrial. Se calcula que los beneficios directos derivados de su empleo ascienden a unos 2 000 000 de rupias.

Por último, el Dr. Gopal-Ayengar habló del problema demográfico de la India y de la necesidad de utilizar todo lo que contribuya a eliminar los residuos y a acrecentar la productividad.

G.C. LAURENCE

Las aplicaciones más antiguas, más perfeccionadas y más importantes de los radioisótopos son las que requieren fuentes de considerable intensidad. Me refiero, naturalmente, al tratamiento del cáncer y al empleo del radio para la inspección radiográfica de piezas de fundición y de otros objetos en la industria. Las novedades más prometedoras parecen ser por ahora la irradiación de materiales orgánicos (la esterilización de artículos médicos y el tratamiento de productos alimenticios para impedir la germinación y destruir los parásitos y gérmenes patógenos), y una multitud de aplicaciones de las cuales muchas han sido mencionadas ya por mis colegas. Todas estas aplicaciones exigen fuentes muy potentes de radiación: por ejemplo, bloques de material radiactivo que emiten radiaciones intensas. Por eso los científicos de mi país se han ocupado sobre todo de las aplicaciones que exigen el empleo de fuentes potentes. Creo que otra razón de su interés por estas aplicaciones es, probablemente, que los reactores moderados con agua pesada se prestan para la producción de esas fuentes radiactivas fuertemente concentradas, no sólo porque su flujo neutrónico es bastante elevado sino también porque poseen espacio suficiente para exponer los materiales a la acción de dicho flujo.

Antes de 1951, las fuentes radiactivas más poderosas con que contábamos para la inspección industrial y el tratamiento del cáncer eran de radio y rara vez llegaban a un curie; pero en 1951 produjimos en nuestro reactor NRX de Chalk River una fuente de 1 000 curies que se entregó al Dr. Ivan Smith (Londres, Canadá). Esta fue la primera bomba de cobalto. Hoy día se construyen unidades que contienen fuentes de hasta 9 000 curies destinadas a usos terapéuticos, así como a la radiografía industrial y otras aplicaciones industriales. Estas cifras no significan nada para el profano, pero son muy explícitas

para el radiólogo que antes de la guerra usaba fuentes de radio de un curie solamente. Semejante progreso le permitirá tratar a un número mucho mayor de pacientes cada día con control mucho más perfecto de las radiaciones. Las nuevas fuentes ofrecen ventajas análogas en la industria, pues permiten radiografiar piezas de fundición, soldaduras y otros objetos con mucha mayor precisión que hace algunos años. Para el tratamiento del cáncer y para la radiografía industrial es importante no sólo que la fuente sea poderosa, sino también que esté fuertemente concentrada, es decir, que ocupe un pequeño volumen. Cuando se utiliza una fuente concentrada para tratar un cáncer es más fácil limitar la radiación a las regiones afectadas por la enfermedad, con lo que se reduce la exposición de los tejidos sanos circundantes. También en radiografía industrial conviene emplear fuentes muy concentradas, pues dan imágenes radiográficas de mucha mayor nitidez y las placas son mas claras. En nuestro reactor NRU se producen fuentes de cobalto-60 cuya concentración alcanza los 1 100 curies por cm^3. El cobalto-60 se utiliza para la radiografía de grandes piezas fundidas de acero, hierro y cobre. Para objetos más pequeños se emplea el iridio-192, pues su radiación es menos penetrante y detecta con mayor facilidad los pequeños defectos del material. Otros radioisótopos cuyo poder de penetración es aún menor se emplean para la radiografía de chapas finas de metal o de piezas fundidas de aleaciones ligeras de aluminio y magnesio.

G.C. Laurence

Es dificilísimo valorar en términos monetarios las economías logradas en radiografía industrial con el empleo de radioisótopos. Muy a menudo no existen otros métodos para detectar defectos ocultos del material sin destruirlo. El beneficio más importante, desde luego, es que evitan las graves pérdidas que acarrearían los accidentes causados por elementos estructurales defectuosos. Por esta razón la radiografía es un requisito indispensable en muchos tipos de industrias y su empleo se extiende rápidamente.

En otros casos (la irradiación de productos agrícolas, por ejemplo) no es necesario que la fuente radiactiva se halle concentrada en un volumen reducido. En cambio, conviene emplear gran número de fuentes que se distribuyen por las paredes de una pequeña cámara en la que se colocan los objetos que han de irradiarse. Es más económico utilizar cobalto-60, cuya concentración no es tan elevada. Existen fuentes de cobalto-60 débilmente concentradas que pueden adquirirse al módico precio de un dolar por curie. En la actualidad se está construyendo un gran irradiador provisto de un dispositivo de este tipo, que se utilizará para irradiar material de sutura y contendrá 60 000 curies de cobalto-60. Esta clase de aparatos puede utilizarse para múltiples aplicaciones, tales como la esterilización de material médico y el tratamiento de productos agrícolas para destruir parásitos y gérmenes patógenos.

Una aplicación muy prometedora es la destinada a impedir el rebrote de la patata. Si se almacenan durante varios meses las patatas germinan, esto es, echan brotes que extraen su alimento de la patata, lo que origina alteraciones que perjudican a su comestibilidad. Se ha demostrado que esto se puede evitar irradiando las patatas. En el Canadá se ha construido un gran dispositivo para la irradiación de patatas, montado en un remolque para poderlo trasladar de un lugar a otro. Contiene 18 000 curies de cobalto-60. En este dispositivo las patatas van en cubos, movidos por una cinta transportadora. En una hora se tratan unos 1 000 kilogramos de patatas que reciben una irradiación de 8 000 röntgen, suficiente para impedir la germinación. El pasado año el remolque se trasladó a diversos lugares del país, recorriendo en total unos 64 000 km. Se irradiaron alrededor de 400 toneladas de patatas. Así se impidió su germinación, sin efecto nocivo alguno para la calidad ni la comestibilidad del tubérculo. Este procedimiento ha dado tan buenos resultados que se espera utilizarlo mucho más en lo sucesivo.

En colaboración con el Departamento de Agricultura de nuestro país y con el de los Estados Unidos se está estudiando la posibilidad de utilizar un dispositivo análogo para irradiar frutos perecederos, como, por ejemplo, las fresas. Otras aplicaciones consisten en la esterilización de alimentos marinos (crustáceos de diversas especies, por ejemplo las langostas), así como de salazones de cerdo y carne condimentada. El método se utilizará al principio para los alimentos más caros, como los que acabo de mencionar, pues las irradiaciones necesarias para muchas de estas aplicaciones son bastante más elevadas que las precisas para impedir la germinación de la patata. Para una esterilización perfecta que destruya todas las bacterias de algunos alimentos se necesitan a veces de 3 a 4 millones de röntgen, con

lo que el costo puede elevarse hasta 40 dólares por tonelada de género irradiado. Pero para otros alimentos basta con irradiaciones mucho menores que se hallan perfectamente al alcance de nuestras posibilidades económicas. Las irradiaciones necesarias para destruir parásitos como el gorgojo del arroz y otros insectos y larvas que atacan a los cereales son generalmente inferiores y su costo, por consiguiente, es menor. Una dosis de 20 000 röntgen es suficiente para evitar la triquinosis del cerdo y la tenia de la vaca. Irradiaciones que hoy en día cuestan unos dólares por tonelada bastan para prolongar de una a varias semanas el tiempo durante el cual la carne o los alimentos marinos pueden guardarse a temperatura moderada sin estropearse.

Los éxitos alcanzados en la prevención de la germinación de la cebolla y de la patata, así como en la prolongación del tiempo durante el que se pueden guardar otros muchos artículos alimenticios, nos hace confiar en que el empleo de sustancias radiactivas para la conservación de alimentos cobrará extraordinaria importancia a medida que disminuya el precio de esas sustancias y que se encuentren nuevas aplicaciones.

J.L. PUTNAM

Es evidente que algunos de los principales beneficios del tipo que estamos examinando -los que se pueden calcular fácilmente- provienen del empleo de los radioisótopos en la industria y por lo tanto corresponden a los países industriales. Determinar el material que se economiza en un proceso de fabricación por el simple procedimiento de medir la cantidad utilizada antes y después de emplear una técnica radioisotópica, y atribuirle un valor monetario, es mucho más fácil que calcular lo que valdría fertilizar toda una zona árida. No soy un agrónomo y por lo tanto ignoro lo que eso supone, pero sé que los problemas hidrológicos despiertan cada vez más interés en todo el mundo. Incluso en la Gran Bretaña, donde no puede decirse que se padezca escasez de agua, la conservación de los recursos hidráulicos se toma muy en serio. Los radioisótopos se utilizan en estudios hidrológicos para aforar el caudal de nuestros ríos y los recursos hidráulicos disponibles, sobre todo en las zonas densamente pobladas.

Volviendo a las economías realizadas en la industria, me satisface señalar que en nuestro país se practican también la mayor parte de las aplicaciones radioisotópicas cuya descripción han escuchado ustedes. El número de usuarios se ha duplicado aproximadamente en los cinco años transcurridos desde que hicimos el último estudio económico. Por ejemplo, en lo que atañe al control de procesos industriales, las empresas de mi país utilizan en la actualidad un millar de calibradores isotópicos, mientras que en 1958 sólo usaban 600. Un ejemplo dado por un fabricante de papel ilustra las economías realizadas, sobre todo en la industria papelera. Ese industrial asegura que economiza 300 kg de papel y 15 minutos de trabajo cada vez que tiene que cambiar el peso fundamental, esto es, el espesor del material que produce. Este fabricante ahorra aproximadamente de 14 000 a 20 000 dólares al año por cada máquina, o sea que amortiza cada una en unos seis meses. Esta clase de ejemplos sirven para convencer a los fabricantes de que les conviene usar las técnicas radioisotópicas, pues se trata de personas que entienden bien esta clase de ganancias y que suelen estar dispuestas a realizarlas.

J.L. Putnam

Lo que no es tan fácil de juzgar son los beneficios que los radioisótopos pueden reportar a la economía de un país en general; son varios los especialistas que han calculado que el provecho económico real obtenido por el país es unas diez veces mayor que las economías computables en dinero. Un ejemplo de ello es la industria británica del carbón, de la que aún depende nuestra nación en cierta medida. En los últimos años la industria del carbón se ha mecanizado y ha progresado de tal modo que ha realizado beneficios por primera vez en muchos tiempo. Uno de los factores que han contribuido a ello es la construcción de nuevas máquinas extractoras. Dos de éstas -la Midget Miner y la Collins Miner, particularmente útiles para las vetas difíciles de carbón- funcionan bajo el control automático de calibradores radioisotópicos de rayos gamma. Controladas por este procedimiento exacavan el carbón hasta aproximadamente una pulgada (2 1/2 cm) del esquisto o roca en que yace, lo que tiende a reducir aún más el precio del producto. Así se tiene la seguridad de que el carbón no va mezclado con esquisto, cosa difícil de conseguir si la operación no se controlase automáticamente.

Otra cuestión es la de los beneficios que el usuario de radioisótopos reporta a otras personas. En

efecto, las ventajas que supone el empleo de isótopos en la investigación suelen transmitirse de esta manera, de modo que, a fin de cuentas, los que se benefician no son los usuarios de los isótopos sino quienes utilizan sus productos. Por ejemplo, dos empresas de nuestro país, que estudian problemas de lubricación con ayuda de radioisótopos, pudieron acelerar de tal modo las investigaciones sobre el desgaste de piezas de motor que en seis meses llegaron a preparar nuevos aditivos del aceite, de propiedades muy favorables, cuya producción por otro procedimiento habría exigido de ocho a diez años. Es cosa cierta que con estos nuevos aditivos la duración del motor de un automóvil se cuadruplica. Los economistas dirán que esto no es una ventaja para el fabricante de automóviles, que quiere vender más motores, pero para los que utilizan los coches significa una mejora de su situación económica.

Hay otras maneras de aprovechar la mejora de calidad y de precisión alcanzadas en la fabricación, ventajas que no estoy seguro se aprovechen todavía plenamente. Una de ellas estriba en la producción de chapa metálica de espesor exacto, pero sólo podrá reportar la máxima utilidad si los constructores de equipo y máquinas que utilicen las chapas especifican con más precisión el espesor del material que necesitan. Por ejemplo, en la fabricación de automóviles es ahora perfectamente posible utilizar chapa de galga más fina para la carrocería, con lo que el coche resulta más ligero, sin peligro de que la seguridad salga perjudicada debido al empleo de chapas de poco espesor (producidas a causa del margen de tolerancia en la fabricación). La calidad mejora y ello redunda en beneficio del usuario.

También es cierto que cuando la aplicación de técnicas isotópicas acelera o simplifica un proceso de fabricación, éste resulta más barato para el fabricante. En una economía nacional basada en la competencia -y creo que también en los demás tipos de economía- es inevitable que esta disminución del costo de producción repercuta finalmente en el consumidor en forma de baja de precios -o al menos evitando que suba el precio del artículo de mejor calidad que resulte-, con lo que se eleva el nivel de vida sin que en realidad muchas de estas economías realizadas en la industria aparezcan consignadas como beneficios financieros. En el último estudio que realizamos, un usuario de isótopos para gammarradiografía afirmó incluso que las técnicas radioisotópicas le acarreaban pérdidas en comparación con las que utilizaba anteriormente, pues antes no ensayaba sus productos y ahora sí lo hacía, lo que costaba dinero. Pero las estadísticas de este estudio no registran lo que estaba ganando en clientela, ni el beneficio que suponía para el usuario un producto más seguro y más digno de confianza.

Por último, quisiera señalar que el nivel de vida (cuestión, lo admito, que se sale un tanto del tema de este debate) repercute a su vez en la productividad. Las aplicaciones de los radioisótopos en medicina tienen en efecto un importante aspecto económico, no sólo porque el trabajador satisfecho es más productivo, sino porque si disminuyen sus ausencias por enfermedad, dispone de más tiempo y es capaz de producir más por año de trabajo. Como ejemplo típico de los métodos que contribuyen a esta mejora cabe citar el perfeccionamiento de las técnicas de diagnóstico con ayuda de yodo radiactivo y la reducción de infecciones postoperatorias mediante el empleo de jeringuillas hipodérmicas esterilizadas (que comienzan ahora a utilizarse en grandes cantidades, producidas por dos grandes fábricas que se han construido en el Reino Unido).