

## ENERGÍA NUCLEAR Y DESARROLLO SUSTENTABLE

**H**ace cien años que la radioactividad fue descubierta. La ciencia y la tecnología nuclear que han seguido este descubrimiento, han tenido un tremendo impacto en el mundo, algunos de estos son terribles, la mayoría son benéficos. Estos comentarios ilustrarán cómo se trata de prevenir los usos bélicos de la energía nuclear y cómo se puede usar para nuestro beneficio y desarrollo sin perjudicar al ambiente ni comprometer el bienestar de las futuras generaciones. Al final de la Segunda Guerra Mundial, casi cincuenta años después del descubrimiento de la radiactividad, fue arrojada la primera bomba nuclear, demostrando al mundo el uso destructivo que pueden darle. En 1945, fue establecida la Organización de las Naciones Unidas para "salvar a las siguientes generaciones del azote de la guerra". La guerra fría y la carrera armamentista marcaron el inicio de una nueva era que por muchos años confrontó a las superpotencias con el

HANS BLIX \*

riesgo de la destrucción mutua y del resto del mundo.

Actualmente, la mayoría de los acontecimientos son mucho más esperanzadores. La guerra fría ha terminado y las superpotencias están desmantelando sus armas nucleares; este paso permite administrar y desarrollar los usos pacíficos del material fusible de estos armamentos. El tratado de no proliferación con aproximadamente ciento ochenta integrantes, se ha prolongado indefinidamente. Si el desarme nuclear continúa y se acelera el compromiso de los cinco países declarados con armas nucleares, y si otros tres, India, Pakistán e Israel, estuvieran como Sudáfrica, reduciendo su potencial nuclear militar, así como si los compromisos de verificación de control de armas y desarme fueran aceptados por todos, nos alejaríamos del posible escenario del horror. Los siguientes pasos en esta marcha van hacia un tratado de prohibición total de pruebas nucleares, un acuerdo que impida la producción de este material para propósitos bélicos y que promueva la paz en el Medio Oriente y en el subcontinente indio.

Un gran ejemplo que nos orienta al control de armas y el desarme viene de América Latina y México, con un acuerdo consistente y activo.

El Tratado de Tlatelolco para las zonas libres de armas nucleares de América Latina y el Caribe, fue promovido dinámicamente por México (con Alfonso García Robles como el líder y su amigo Sergio González Gálvez asistiéndolo). El Tratado de América Latina estuvo listo antes del Tratado de no proliferación de armas nucleares, y le mostró al mundo el camino a seguir. Para muchos países, éste ha estado en operación y con la ratificación de Cuba en un futuro próximo y los acuerdos siguientes de salvaguardias que han sido completados, le permitirán al tratado estar en vigencia.

En cuanto a los usos benéficos de la energía nuclear cabe hacer notar que el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) de México, así como el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), fueron establecidos para fortalecer el desarrollo de sus usos pacíficos, de acuerdo con la política de átomos para la paz que fue declarada en 1953 por el presidente Eisenhower.

En los cuarenta años anteriores, los usos no bélicos de esta energía, han

*\* Director General del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). Ponencia presentada en el seminario regional Atomos para el Desarrollo, organizado por el OIEA, con sede en el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), en el 40 aniversario de la Comisión Nacional de Energía Nuclear, México, 18-20 de junio de 1996. Se han realizado cambios editoriales a la versión original.*

sido muy importantes para México y para el mundo, y tienen un gran potencial en la búsqueda de un desarrollo sustentable. La radiación nos permite dibujar, obtener imágenes y medir aquello que nuestros ojos no pueden ver, destruye células cancerosas y bacterias, provoca mutaciones en plantas y genera grandes cantidades de electricidad, calefacción y vapor, a costos bajos y libre de emisiones peligrosas para la atmósfera.

Es importante conocer el aspecto de la seguridad, el cual es fundamental para todos los usos de la energía nuclear.

Los problemas de almacenamiento seguro de desechos, que permanecen radiactivos por cientos de miles de años, ha asustado al público en este tiempo en que la contaminación creciente ha reducido su confianza en la alta tecnología.

Algunos opositores a la energía nuclear tratan de argumentar que es una irresponsabilidad dejar cualquier desecho radiactivo de larga vida, después de nosotros. Estas personas necesitan ser convencidas de que, debido a su volumen reducido, los desechos pueden ser almacenados convenientemente y puestos en la corteza de la tierra, de donde provino el uranio. Es posible que técnicas futuras nos proporcionen formas de manejo de desechos cada vez más seguras. Debemos preocuparnos por que los conceptos de disposición final de residuos, satisfaga las demandas de seguridad.

Dada la gran publicidad que se les dió a los accidentes de la Isla de las Tres Millas (Three Mile Island) y el de Chernobyl, se ha minimizado el hecho de que hasta ahora el mundo tiene la experiencia de siete mil años reactor de operación acumulados, sin ningún otro accidente mayor.

El accidente de la Isla de las Tres Millas en 1989, fue un desastre económico y que suscitó revisiones extensas que fortalecieron la seguridad nuclear en el mundo no comunista. El accidente de Chernobyl, ocurrido hace

diez años, de manera similar condujo a revisiones y medidas de seguridad en Rusia y el Este de Europa. Así, los dos accidentes mayores, que provocaron la oposición a la energía nuclear, también pusieron en movimiento determinados esfuerzos a nivel nacional e internacional, en el campo del diseño y operación de la seguridad. Esto llegó a ser de interés internacional y el OIEA fue un instrumento central, a través del cual los gobiernos cooperaron para establecer una "cultura internacional en seguridad nuclear".

Una primera parte, fundamental en esta cultura, la forman las convenciones que sostienen reglas obligatorias sobre seguridad, responsabilidad, protección física, disposición y manejo de residuos radiactivos, notificación y asistencia en emergencias y accidentes nucleares. Otra parte la compone un gran número de normas más detalladas y guías para seguridad nuclear (NUSS, RAD-WASS, etcétera), ambas relacionadas con plantas nucleares y desechos. A pesar de que no son legalmente obligatorias en los Estados Unidos, estas normas constituyen la actualizada experiencia colectiva de la comunidad internacional. Éstas tienen autoridad suficiente y a menudo sirven como base para los reglamentos nacionales. La tercera parte consiste en servicios de seguridad internacional proporcionados por el OIEA: a solicitud de gobiernos individuales, este organismo recluta expertos internacionales para revisar el plan de seguridad y otros acontecimientos, programas de disposición y manejo de desechos radiactivos también proporciona asesoría. La cuarta parte es el intercambio mundial de experiencias, que avanza en el campo nuclear.

Actualmente 17% de la electricidad en el mundo es generada por energía nuclear con mínimas consecuencias ambientales. Es casi tanta como la que obtenemos de la hidroelectricidad.

La energía nuclear también se usa

en campos tan diversos como la medicina, la agricultura y la industria.

## **I. Salud y medicina**

Probablemente no exista ninguna área en la que las técnicas nucleares sean tan bien aceptadas como en los campos médicos, de análisis de imágenes y tratamiento del cáncer. La existencia en México de alrededor de setenta instalaciones de radioterapia comprenden aproximadamente noventa y dos unidades de radiaciones de cobalto sesenta y quince aceleradores clínicos lineales, muestran las dimensiones del uso de estas técnicas en México. También tenemos alrededor de veinticinco mil unidades de rayos X para diagnóstico. Es importante mencionar que el ININ y el OIEA han combinado esfuerzos en un proyecto cuya meta es incrementar la calidad en el diagnóstico y radioterapia. La fase I del proyecto está dirigida a la actualización de los conocimientos y habilidades prácticas de los físicos médicos que trabajan normalmente en radiología, radioterapia y medicina nuclear. La conclusión exitosa de este programa requerirá de mil cuatrocientas ochenta horas de trabajo de los participantes y de un examen riguroso.<sup>1</sup> Los que se gradúen en este programa también llegarán a ser los profesores, los futuros físicos médicos. Éste es un proyecto para asegurar el desarrollo de una infraestructura de alta calidad, en el diagnóstico y tratamiento por radiación en México. Nuestra esperanza es que el proyecto y el apoyo del OIEA tengan un gran impacto positivo durante las próximas décadas.

---

1. La segunda fase del proyecto, que inicia en México en septiembre de 1996, comprende un programa de maestría que va a ser seguido por un doctorado en la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma del Estado de México.

## II. Nutrición

El uso de técnicas nucleares en el campo de la nutrición es menos conocido por el público. Cabe mencionar que la aplicación de las técnicas isotópicas para evaluar el estado nutricional del ser humano y la medición de los efectos de los programas nutricionales, es un asunto de sumo interés en nuestros países miembros. Éstas técnicas tienen muchas ventajas sobre los procedimientos alternativos. El OIEA lleva a cabo un trabajo de investigación sobre su uso para evaluar la vitamina A y las deficiencias del hierro, el daño en los huesos, la desnutrición y las necesidades nutricionales en madres y niños. La evidencia es concluyente: la inversión en la nutrición es la clave para ayudar a los trabajadores a ser más productivos y a contribuir más al bienestar de su país. Las técnicas isotópicas utilizadas, nos ayudan a saber exactamente cuáles son las deficiencias nutricionales y facilita así nuestros proyectos para los remedios adecuados.

## III. Plagas

Otra técnica nuclear muy original que se usa para ayudar a la erradicación de algunas plagas es la de insectos estériles, defendida por México y el OIEA. Cada año hay grandes pérdidas en la cosecha y en la producción ganadera, que son causadas por plagas como la mosca del Mediterráneo y el gusano barrenador. A pesar de que los insecticidas son indispensables para atacar en gran escala a la población de insectos, son bien conocidas las desventajas que aquellos ocasionan en el ambiente. Actualmente, México es líder mundial en la técnica protectora del ambiente para el control de la natalidad de los insectos. Ésta es llamada *técnica de esterilización de los insectos* (TEI) que involucra la esterilización de éstos antes del apareamiento, después la liberación masiva en áreas in-

festadas. El apareamiento que se presenta entre los machos estériles y las hembras silvestres fértiles evita la reproducción y esta población puede ser disminuida de manera gradual y finalmente erradicada. Esta técnica requiere de un gran rastreo a gran escala y puede llevarse a cabo sin dañar el ambiente.

La instalación más grande en el mundo para esterilización de la mosca del Mediterráneo es la de Tapachula, México. Ese insecto ataca a doscientas sesenta variedades de fruta y vegetales en ochenta y dos países. El gusano barrenador causa grandes pérdidas de ganado y vida silvestre. México es afortunado por tener una instalación



para la esterilización del gusano barrenador en Tuxtla y estuvo a punto de declarar la erradicación final en 1991.

Los beneficios a largo plazo en la erradicación del gusano son de diez a uno. Hace algunos años el OIEA y la FAO, lograron la erradicación en Libia, que había sido infestada por esta plaga. Se exportó una cantidad enorme de moscas estériles de México, se dejaron caer sobre el Atlántico hasta Trípoli en un Boeing 707 y luego se liberaron semanalmente sobre el área infestada. Actualmente México está proporcionando moscas estériles para atacar al gusano barrenador en la campaña de Centroamérica y seguirá proporcionándolas en campañas similares en el Caribe

## IV. Hidrología

Los estudios de hidrología mediante isótopos tienen una gran utilización para asegurar un desarrollo sustentable. La escasez de agua alrededor del mundo se ha venido incrementando y las técnicas de isótopos son de gran ayuda para medir y trazar recursos acuíferos. Actualmente, un estudio desarrollado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua y el OIEA, que utiliza técnicas de hidrología química y de isótopos, permite conocer las trayectorias de agua en esta región. Los resultados permitirán establecer recomendaciones para la planeación y administración de estos recursos acuíferos.

## V. Geotermia

Para la explotación de fuentes geotérmicas, es básico contar con un conocimiento preciso de la ubicación y cantidades de agua caliente subterránea. La exploración de estos campos es muy costosa, así que debe tenerse mucho cuidado para optimizar la ubicación de los pozos. Las técnicas de geología, geofísica y geoquímica, incluyendo isótopos, se utilizan para obtener información antes de realizar cualquier perforación. Baste recordar que la energía geotérmica proporciona alrededor del cinco por ciento de la energía eléctrica en México.

## VI. Agricultura

Las técnicas nucleares ofrecen algunos de los métodos más efectivos para asegurar la disponibilidad de nutrientes y agua en los sistemas de cultivo. El OIEA está promoviendo la transferencia de éstas a algunos institutos de investigación en agricultura en México. El objetivo es incrementar la producción de alimentos y proteger el ambiente, optimizar la aplicación de fertilizantes nitrogenados para cultivo

de trigo y realizar experimentos de campo, para medir el potencial de fijación de nitrógeno de frijoles.

El incremento en la variabilidad genética de plantas a través de mutaciones provocadas por irradiación, es otra técnica nuclear de gran importancia en México y en el mundo. La facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad de Guanajuato, ha utilizado radiación ionizante para fitomejoramiento durante varios años, para cambiar la situación económica de la agricultura en la región del Bajío. Por otro lado, se está haciendo investigación en granos que son de gran importancia para México. Los recursos del OIEA han sido usados correctamente en un proyecto que incluye el establecimiento de un laboratorio de Fitopatología. Con estos nuevos recursos e instalaciones, la facultad ha producido exitosamente, nuevas líneas y genotipos de sorgo, ajo, trigo y frijol, mediante mutación combinada y estrategias de propagación de plantas *in vitro*. Basados en estos éxitos, recientemente se iniciaron trabajos en aguacate y chile.

## VII. Producción de electricidad

Sin duda la utilización de la energía del mundo crecerá rápidamente debido en parte a que la población mundial se está incrementando, y por otra a que la energía, especialmente la eléctrica, es vital para que las condiciones de vida sean las que todos buscamos.

Por ejemplo, Bangladesh y Tanzania utilizan menos de 100 KWH de electricidad *per cápita* por año, Suecia, 15,000 y México alrededor de 1,250. No es sorprendente que el Consejo Mundial de Energía, pronostique que la utilización mundial de electricidad se incrementará de 50 a 70% para el año 2020. ¿Por qué medio será producida? Actualmente 63% de la electricidad del mundo proviene de la energía térmica (carbón, petróleo

y gas), 19% de fuentes hidroeléctricas, 17% de plantas nucleares, 0.5% de la geotermia y menos del 0.1% de la solar, eólica y biomasa. ¿Es la energía nuclear una solución?

## VIII. Uso actual de la energía nuclear

En los años setenta existía un gran entusiasmo por la energía nuclear así como por las expectativas para su rápido crecimiento, al menos para reducir la dependencia del petróleo. Como el aumento de la demanda en energía fue menor de la esperada, debido al lento desarrollo económico internacional, y como resistencia a que esta energía se empezara a propagar después del accidente de la Isla de las Tres Millas, su desarrollo fue lento. Por ejemplo, los grandes programas contemplados en México y Brasil no se realizaron. Con los cambios relacionados con seguridad y después de ese accidente, esta energía perdió también algo en su competitividad económica. En el presente, existe estancamiento en la construcción de más plantas en el Hemisferio Oeste. La construcción de las plantas nucleares continúa sólo en el Este de Asia (Japón, República de Corea y China).

Las razones por las que se puede predecir un resurgimiento de la energía nuclear son las siguientes:

1. Desde el punto de vista económico, esta energía va a la par con el petróleo. Sin embargo, las plantas nucleares requieren inversiones más fuertes, lo que es una desventaja para los países pobres. Como la tecnología nuclear es relativamente joven, debería estar al alcance de la racionalización, estandarización, construcción modular, mayor quemado, simplificación, todo esto resultado de una mayor eficiencia y un menor costo. Los precios del petróleo y gas se incrementan constantemente, mientras los costos del uranio permanecen estables. A pesar de que los oponentes ig-

noran a menudo las alternativas económicas de la energía nuclear la competencia económica entre las opciones de ésta siguen siendo importantes para los países, empresas y consumidores.

2. Puede ser que las objeciones que existen sobre la energía nuclear en el campo de la seguridad se debiliten gradualmente. El impacto en la cultura sobre esta seguridad nuclear se puede ver en el incremento de las cifras de producción de las plantas nucleoelectricas alrededor del mundo, dosis más bajas para su personal y menos contratiempos. Habrá, por supuesto, accidentes, pero los riesgos de fusión del núcleo serán mínimos. La Escala Internacional de Eventos Nucleares, que la OIEA ha apoyado en crear y que está adoptada en todas partes, facilitará que los medios de comunicación y el público comprendan que la mayoría de los accidentes, como la mayoría de los terremotos, son mucho menores. También los nuevos tipos de reactores avanzados, algunos de ellos disponibles en el mercado, tienen características de seguridad que son resultado de la experiencia. Sobre su confiabilidad y seguridad se pueden esperar aún mejores resultados, que de los tipos de reactores comunes.

3. La independencia de la energía es un factor importante. No todos los países tienen suficientes recursos, hidrocarburos o caídas de agua. Para países como Francia, Japón, República de Corea, Suecia y Finlandia, todos ellos sin petróleo y gas, la autoconfianza e inmunidad contra la crisis internacional que ofrece la energía nuclear, ha sido y permanecerá como algo sumamente importante.

4. En verdad no son las plantas de energía nuclear lo que ha causado lluvia ácida, extinción de bosques y una amenaza de cambio global en el clima sino un excesivo consumo de combustibles fósiles. La energía nuclear es excepcionalmente limpia en su operación. Lo que preocupa casi siempre es

la alta toxicidad y radioactividad del combustible gastado y los desechos nucleares. Sin embargo, cabe aclarar que el volumen limitado facilita la disposición de los residuos.

Un ejemplo concreto: Austria decidió en un referéndum en 1978 no operar una planta nuclear que había sido construida y en su lugar crear dos unidades de carbón, de aproximadamente la misma capacidad. La planta consumiría aproximadamente treinta toneladas de uranio de bajo enriquecimiento por año. En cambio la otra consume cinco trenes de carga de carbón por día. Los volúmenes de desechos van de acuerdo a que el uranio tiene una cantidad limitada de residuos nucleares que pueden ser aislados por completo y, en cambio, el carbón produce grandes cantidades de CO<sub>2</sub> y cenizas por su combustión, que contienen metales pesados, y que son tóxicos permanentemente. Los lugares de almacenamiento para los desechos de la combustión del carbón, como de otros combustibles fósiles, son propiamente la atmósfera y la superficie de nuestro mundo.

Es verdad que los científicos todavía no están seguros de que habrá un daño global en unos cincuenta años, como resultado de las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes del consumo de combustibles fósiles y la cadena de metanos que resulta de la producción y transporte de gas. Por esta razón, muchos opinan que el mundo debe convencerse de las políticas llamadas "no rechazo" las cuales significan que se deben aceptar, aun si se probara un calentamiento global. La opción de la energía nuclear cubre las necesidades de esta política, ya que ella no contribuye al calentamiento global y es altamente competitiva con los combustibles fósiles. No es verdad que la energía se puede obtener de recursos renovables, aparte de la hidroeléctrica. Las celdas fotovoltaicas para la energía solar, molinos de viento y biomasa, son favorecidos por los movi-

mientos ecologistas. Sin embargo, instituciones serias de energía como World Energy Council y Nuclear Energy Agency (NEA), de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) no predicen que estas fuentes puedan llegar a ser económicamente competitivas en el futuro. Por ésta y otras razones, ellos creen que estas políticas sólo representan un pequeño papel en las décadas venideras. Por otro lado, la preservación del ambiente requiere tanto de una generación más eficiente como del uso de la energía nuclear y permanece como algo muy importante que refrenda la necesidad de generar mayor capacidad de energía. Sin embargo, esto no es una panacea. En la medida en que lleguemos a ser más eficientes en la generación de energía nuclear y de sus usos, también incrementamos nuestras demandas. Los carros usarán menos gasolina por milla, pero habrá más carros. Las nuevas lámparas pueden usar mucho menos electricidad, pero tendremos más lámparas, etcétera.

No se sugiere que la energía nuclear sea la única solución al calentamiento global. Se necesitarán diferentes consideraciones, incluyendo renovables y de conservación. Sin embargo, la energía nuclear sí es un elemento prometedor. En nuestros días se habla mucho sobre la necesidad de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>; sin embargo, la realidad va en dirección contraria. La tendencia a lo largo del mundo se refleja en México, debido a que ha construido dos unidades nucleares en Laguna Verde, pero posee mucho más plantas de petróleo y combustión de carbón. Para generar electricidad en México, 65% proviene de combustión de petróleo; del 5 al 6% de combustión de carbón; 23% de las plantas hidroeléctricas y 6% de plantas nucleares.

Las dos unidades en Laguna Verde

tardaron mucho tiempo, pero una vez que entraron en operación lo han hecho muy bien y con factores de disponibilidad altos; estas unidades están haciendo uso completo de los servicios de seguridad del OIEA. En abril de este año se llevó a cabo un seminario en Laguna Verde dedicado a la "Evaluación de seguridad operacional", con más de setenta participantes de la planta, del organismo regulador y organizaciones de apoyo. En abril del próximo año, el grupo del OIEA revisará lo concerniente a la seguridad operacional de la planta.

¿No va contra el interés de los países productores de petróleo promover la energía nuclear? No por una razón, nosotros vivimos en la misma atmósfera, además, si el consumo del petróleo fuera a retardar algo, este recurso no desaparecería, permanece en la tierra para las generaciones futuras. Groucho Marx dijo que no entendía por qué deberíamos hacer algo por las generaciones futuras. La mayoría de nosotros sentimos algo de responsabilidad por no dejar la tierra desamparada y envenenada. Deseamos un desarrollo sustentable. Existen grandes yacimientos de uranio, y antes de que se vuelva escaso, podríamos construir reactores de cría, como los franceses y rusos, que lo han hecho a escala experimental. En los reactores rápidos, se utiliza el contenido energético del uranio, sesenta veces más eficientemente, que en los convencionales. También podríamos usar torio que existe en forma abundante.

Hay que felicitar no sólo al ININ, sino a México, por su tenacidad en el desarrollo de la ciencia y tecnología nuclear, en medicina, agricultura y producción de electricidad. El uso de las técnicas nucleares es una herramienta del futuro. Este desarrollo demanda estándares de seguridad y manejo, que sólo los países industrializados y en desarrollo, con avance tecnológico, pueden lograr. México está entre ellos. ◆