

NOSTALGIA DEL SIGLO XX

Por Carlos Vélez Ocón

I. El México que recuerdo

Puede resultar un poco extraño el título que escogí para esta charla, con la que me presento ante ustedes, para agradecer la destacada distinción que me hace la Academia de Ingeniería, nombrándome Académico de Honor.

Por lo menos tres cuartas partes de mi vida biológica y de mi vida profesional habrán transcurrido en el siglo pasado. Creo que es comprensible y hasta perdonable que mucho de lo que les voy a decir tenga que ver con experiencias y recuerdos de los que emana una cierta nostalgia. Ya saben lo que se dice, “cualquier tiempo pasado fue mejor”, aunque espero que los jóvenes no estén de acuerdo con ello.

Yo llegué a México a los 14 años, hace 65, en un barco que atracó en Veracruz en vísperas del Carnaval. Tuvimos que esperar, mi familia y yo, a que pasara el Carnaval y se reabrieran las oficinas de Migración, para poder seguir el viaje hasta la ciudad de México. Entonces esta ciudad tenía un millón de habitantes y todo el país, veinte.

Dadas mis inclinaciones, a mi padre se le aconsejó que yo estudiara en el Instituto Politécnico Nacional y así fui a dar a la Prevocacional 5, en el casco de Santo Tomás, aunque antes hubo que esperar a que se resolviera una huelga en protesta por algunas medidas de la Secretaría de Educación Pública. El tiempo de espera me sirvió para revalidar todo lo revalidable de mis estudios anteriores y en mi peregrinación por los corredores de la Secretaría de Educación Pública conocí los murales de Diego Rivera. Al poco tiempo de que empezaran de nuevo las clases, México entró en guerra y al currículo se agregó la instrucción militar que recibíamos en el parque Plan Sexenal.

Un compañero de clases me inscribió en un curso de radioelectricidad que se impartía en el Sindicato Mexicano de Electricistas, en cuya escalera había, supongo que todavía hay, un impresionante mural contra el fascismo y la guerra. Cuando me enteré de la existencia de la Orquesta Filarmónica de **la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)**, asistí a sus conciertos que tenían lugar en el anfiteatro de la Escuela Nacional Preparatoria, presididos por el hermoso mural de Diego Rivera. Comprenderán que mis primeras impresiones de México fueron de un país de murales, sindicatos, banderas, uniformes y bandas de guerra. El contacto

con mis compañeros de Prevocacional, en su mayoría becados por sindicatos o por la Secretaría de Educación Pública, me hizo pensar que México, si no era un país igualitario, estaba en camino de serlo. Aquel sueño de igualdad que tuvo la sociedad mexicana se fue desvaneciendo con el tiempo, hasta llegar a la pesadilla actual.

En el año 1945 yo era estudiante de primer año de Ingeniería Eléctrica en la **Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME)**, cuando explotaron las bombas atómicas sobre Hiroshima y Nagasaki. Recuerdo que el Dr. Manuel Sandoval Vallarta, a la sazón Director General del **Instituto Politécnico Nacional (IPN)**, hizo unas declaraciones señalando que la energía atómica tendría sobre todo aplicaciones importantes en la paz. De algún modo, aquellos acontecimientos me predispusieron a seguir una carrera orientada a lo que después se conocería como ingeniería nuclear.

En ese mismo año me fui a Francia a estudiar, con una beca del gobierno francés y allí permanecí hasta mediados de 1951. A mi regreso encontré una ciudad diferente, de la que me impresionó sobre todo la Ciudad Universitaria. En aquellos tiempos, un joven profesional no tenía dificultades en encontrar trabajo y pronto pude además orientar mis actividades de acuerdo con mis intereses.

Los años 1953 a 1955 fueron de gran actividad en lo que pudiéramos llamar la difusión controlada de los conocimientos nucleares y se hablaba ya de la construcción de reactores nucleares para la producción de electricidad. A fines de 1953 el Presidente Eisenhower anunció el programa “Átomos para la Paz”. En 1955 se abrieron departamentos de ingeniería nuclear en varias universidades de los Estados Unidos.

Por esas fechas, la Compañía Mexicana de Luz y Fuerza Motriz ganó uno de los premios sorteados entre los tenedores de Bonos del Ahorro Nacional y decidió destinar su importe al otorgamiento de becas para estudiar la nueva fuente de energía. Entonces yo trabajaba en el Laboratorio de la Compañía de Luz, así como el Ing. Bruno de Vecchi aquí presente y los dos fuimos becados para ir a estudiar ingeniería nuclear a la Universidad de Michigan.

Así que fui de nuevo a estudiar en el extranjero, esta vez no tan lejos ni tan desconectado con la realidad mexicana, de modo que a mi regreso en 1959 no tuve la sorpresa de encontrarme con un país muy diferente del que había dejado. En aquellos años se vivía en una atmósfera de optimismo, no sólo

en el campo científico, sino en todo el quehacer humano y no se veía problema insalvable, ni nube importante en el futuro de México.

De 1950 a 1980, por poner algunas fechas, México realizó inversiones importantes en infraestructura educativa, científica y tecnológica: la Ciudad Universitaria, el Instituto Mexicano del Petróleo, el Centro Nuclear, el Instituto de Investigaciones Eléctricas y otros centros de investigación, como el Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica (INAOE) en Tonantzintla y el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), que han logrado consolidarse en el interior de la República. Además, se crearon industrias de bienes de capital, incluyendo equipos electromecánicos pesados y se desarrollaron compañías de consultoría y construcción que tuvieron una proyección internacional.

¿Qué le ha pasado a México para que muchos países que estaban a su nivel, o por debajo de él, en 1950, ahora lo sobrepasen apreciablemente, en lo económico, social, educativo, científico y tecnológico? No pretendo analizar razones políticas y económicas, que seguramente las hay, para explicar ese retraso relativo, pero hay algo que siempre me ha llamado la atención y es la posición geopolítica de México. Entre Estados Unidos y Guatemala, en una zona de altísimo gradiente económico y militar, una pequeña variación en la abscisa da una gran diferencia en la ordenada y nuestra clase política no ha sabido ver a México en el punto que le corresponde, por su extensión, su riqueza y su capital humano y por tanto no ha sabido aquilatar el verdadero potencial que tenemos.

Esto nos distingue de muchos otros países: Francia en competencia y frecuentemente en guerra con Alemania, España contra Francia o Inglaterra y, más cerca de nosotros, la emulación y a veces conflictos entre países vecinos, como Venezuela y Colombia, Perú y Chile, Chile y Argentina, Argentina y Brasil. Incluso acuñé, con poca fortuna, el término “sandwichismo”, diferente del “malinchismo”, pero tan nocivo como él. Si el “malinchismo” es creer que todo lo de fuera es mejor, el “sandwichismo” consiste en pensar que hagamos o dejemos de hacer lo que sea, nunca vamos a salirnos del sándwich entre los Estados Unidos y Guatemala. Miramos al norte y luego al sur y nos decimos “a éstos nunca les vamos a ganar; estos otros jamás nos alcanzarán” y el resultado es que no conocemos nuestra fuerza real.

II. El mundo en el siglo XXI

Yo soy de los que creen que el gran problema que enfrentamos en el siglo XXI es el cambio climático. Debo decir que durante años fui bastante

escéptico sobre la magnitud de la amenaza y sobre la culpa que podíamos tener los seres humanos en la aparición de las primeras señales alarmantes. Hace unos 15 años, asistí a una reunión sobre cambio climático organizada en el Laboratorio Nacional de Los Álamos, en la que se habló del efecto invernadero, de los modelos todavía muy rudimentarios para calcular el calentamiento, de la estimación de los efectos, de las medidas para frenar el cambio, o para adaptarse a él. Entre todas las voces surgió una discordante, la de un geólogo californiano que más o menos nos dijo: “estamos en medio de dos eras glaciales, de modo que si queremos retrasar y aminorar la próxima Edad de Hielo, debemos enviar a la atmósfera todo el dióxido de carbono que podamos”. Parece que seguimos su consejo, pero se nos pasó la mano.

El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (o el IPCC, por sus siglas en inglés) presenta este año su Cuarto Informe de Evaluación *Cambio Climático 2007* y ya se conocen los resultados de los tres Grupos de Trabajo: *I. La Base Científica*, *II. Impactos del Cambio Climático, Adaptación y Vulnerabilidad* y *III. Mitigación del Cambio Climático*. El informe de síntesis será revisado por los gobiernos entre el 6 de septiembre y el 31 de octubre y discutido para su aprobación final en la vigésimo séptima sesión del IPCC que tendrá lugar en Valencia (España) del 12 al 17 de noviembre de 2007.

En el trabajo del Grupo I, La Base Científica, se señala, entre otras cosas:

Las concentraciones atmosféricas globales de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso han aumentado notablemente como resultado de las actividades humanas desde el comienzo de la revolución industrial a mediados del siglo XVIII y actualmente son muy superiores a los valores preindustriales, como se deduce del análisis de núcleos de hielo que abarcan muchos miles de años. Los incrementos en dióxido de carbono (de 280 ppm en 1750 a 379 ppm en 2005) se deben principalmente al empleo de combustibles fósiles y a los cambios en el uso del suelo, mientras que los del metano (de 715 a 1774 ppb en las mismas fechas) y del óxido nitroso (de 270 a 1750 ppb) se originan sobre todo en las actividades agropecuarias.

El calentamiento del sistema climático es ya indiscutible y resulta evidente de las observaciones de aumentos en las temperaturas globales promedios del aire y del agua del océano, del proceso de deshielo generalizado y del incremento global promedio del nivel del mar.

A escala oceánica, regional y continental, se han observado numerosos cambios climáticos de largo plazo, entre otros, en las temperaturas y el hielo en el Ártico, las precipitaciones, la salinidad de los océanos, los regímenes de vientos y la frecuencia e intensidad de fenómenos climáticos extremos, incluyendo sequías, lluvias torrenciales, ondas cálidas y ciclones tropicales muy violentos.

La mayor parte del incremento en las temperaturas mundiales promedios desde mediados del siglo XX se debe, con una probabilidad superior a 90%, al aumento observado en las concentraciones de gases de efecto invernadero antropogénicos. En el informe del IPCC de 2001, a esa probabilidad se le atribuía un valor de 66%.

Ahora estamos en posibilidad de predecir, con alta probabilidad, algunos cambios futuros como, por ejemplo, que en las dos próximas décadas se experimentará un calentamiento de 0.2 °C por década. También es posible proyectar, a escala regional, patrones de calentamiento y cambios en los regímenes de vientos y de precipitaciones, entre otros.

Por último, el Grupo de Trabajo I advierte que, aunque se estabilicen las concentraciones de gases de efecto invernadero, el calentamiento antropogénico y la elevación del nivel del mar continuarán por varios siglos, debido a los tiempos asociados con los procesos climáticos y los mecanismos de retroalimentación.

En el resumen elaborado por el Grupo II, sobre Impactos del Cambio Climático, Adaptación y Vulnerabilidad, se concluye entre otros puntos:

Se deduce de las observaciones efectuadas en todos los continentes y en la mayor parte de los océanos que muchos sistemas naturales están siendo afectados por cambios climáticos regionales, particularmente por aumentos de temperatura.

Una evaluación global de los datos reunidos desde 1970 muestra que probablemente el calentamiento antropogénico ha tenido una influencia visible sobre muchos sistemas físicos y biológicos.

Será necesario tomar medidas para adaptarse a los impactos resultantes del calentamiento inevitable debido a las emisiones del pasado.

La vulnerabilidad futura dependerá no sólo del cambio climático sino también del tipo de desarrollo. Un desarrollo sustentable puede reducir la

vulnerabilidad al cambio climático y el cambio climático puede impedir que los países alcancen un desarrollo sustentable.

Las medidas de adaptación y mitigación pueden disminuir los riesgos asociados con el cambio climático.

Los impactos del cambio climático variarán de región a región pero, en general, representarán muy probablemente un costo neto que aumentará con el tiempo a medida que aumenten las temperaturas globales.

El Grupo III se ocupó de la Mitigación del Cambio Climático de aquí al año 2030 y también con posterioridad a esta fecha.

Entre sus conclusiones señala que, con mucha evidencia y alto grado de consenso en el seno del Grupo, las emisiones globales de los gases de efecto invernadero han aumentado considerablemente desde el tiempo preindustrial y en particular se han incrementado un 70% entre 1970 y 2004.

Con las medidas de mitigación en uso actualmente y las prácticas asociadas de desarrollo sustentable, las emisiones globales de estos gases continuarán creciendo en los próximos decenios.

El Grupo III identificó tecnologías y prácticas de mitigación disponibles comercialmente en la actualidad, o que lo serán previsiblemente antes de 2030. Aunque muchas de las medidas son obvias, es interesante mencionar algunas de las recomendaciones, por sector de actividad:

Suministro de energía. Mejorar la eficiencia en el suministro y la distribución; cambiar de carbón a gas; hacer uso de la energía nuclear y de las fuentes de energía renovables para la producción de calor y electricidad; utilizar la cogeneración; capturar y almacenar el dióxido de carbono.

Transporte. Utilizar vehículos más eficientes; emplear vehículos híbridos; cambiar los vehículos de diesel por otros más limpios; utilizar biocombustibles; pasar del transporte por carretera al ferrocarril y a sistemas de transporte público; recurrir al transporte sin motor (bicicletas, caminar a pie); planear el uso del suelo y del transporte.

Edificios. Utilizar iluminación más eficiente y hacer mayor uso de la luz solar; usar aparatos eléctricos más eficientes, en particular en calefacción y refrigeración; emplear mejores cocinas; mejorar el aislamiento; incorporar

la energía solar pasiva y activa para calefacción y aire acondicionado; cambiar a fluidos de refrigeración alternativos.

Industria. Utilizar equipo eléctrico más eficiente; recuperar el calor; reciclar y sustituir materiales; controlar las emisiones de todos los gases de efecto invernadero, no sólo del dióxido de carbono.

Agricultura. Incrementar el almacenamiento de dióxido de carbono en el suelo; restaurar suelos y tierras degradadas; mejorar el cultivo del arroz y la gestión del ganado y del estiércol, para reducir las emisiones de metano; aplicar eficientemente los fertilizantes nitrogenados, para abatir las emisiones de óxido nitroso; ampliar los cultivos energéticos para reemplazar a los combustibles fósiles.

Bosques. Plantar y reforestar; administrar los bosques; utilizar los productos forestales para la producción de bioenergía.

Residuos. Recuperar metano de los rellenos; incinerar la basura para la producción de energía; hacer composta con la basura orgánica; tratar las aguas residuales; reciclar y minimizar los residuos.

El Grupo de Trabajo III estimó que la mitigación de los gases de efecto invernadero para obtener emisiones que conduzcan a una estabilización entre 475 y 710 ppm de dióxido de carbono equivalente, representará en 2030, en términos del producto global bruto, entre un costo del 3% y una ligera ganancia. Sin embargo, los costos regionales pueden ser muy diferentes de los costos globales promedio.

Con anterioridad a estos informes del IPCC, en octubre del año pasado, se hizo público el estudio encargado por el Gobierno del Reino Unido a Sir Nicholas Stern (*Stern Review on the Economics of Climate Change*). Menos cauteloso en su redacción y conclusiones que el Informe de Evaluación del IPCC, que es un organismo intergubernamental que llega a sus conclusiones por consenso, el Informe Stern es un estudio muy completo sobre lo que representará el cambio climático, lo que significará en términos económicos y lo que costarían las medidas para frenar el calentamiento, hasta llegar a una situación estable.

En este informe se dice que aunque el flujo de gases de efecto invernadero se mantuviera al nivel actual, en 2050 se alcanzaría una concentración equivalente a 550 ppm de dióxido de carbono, esto es, el doble del nivel preindustrial. Como la emisión de gases se está acelerando, ese nivel

podría alcanzarse en 2035, lo que acarrearía un aumento de aproximadamente 2 °C en la temperatura promedio global.

Los impactos del cambio climático se harán sentir antes y sobre todo en los países más pobres, los más vulnerables y los menos capacitados para adaptarse al cambio, que se verán afectados por sequías, inundaciones, incendios forestales, hambrunas y epidemias. Se intensificarán los flujos migratorios y se exacerbará la desesperación, nodriza de la violencia.

Si continúan las mismas tendencias, en un escenario de *business as usual*, la concentración de gases de efecto invernadero se triplicaría al final del siglo, con una probabilidad 50-50 de que el aumento en la temperatura promedio global alcance 5 °C en las décadas siguientes. Esto llevaría a la humanidad a un territorio desconocido y difícilmente imaginable.

La estabilización de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel de 500-550 ppm de dióxido de carbono equivalente es posible con las medidas adecuadas. Las emisiones globales tendrían que pasar por un máximo en los próximos 10 ó 20 años, para después caer a una tasa de al menos 1 a 3% por año. En 2050, las emisiones globales serían entonces un 25% inferior a las actuales, lo que significaría, suponiendo una economía mundial tres o cuatro veces mayor que la actual, que las emisiones por unidad de producto tendrían que ser sólo un cuarto de las actuales, una tarea difícil pero no imposible. En el Informe Stern se estima que esto tendría un costo de aproximadamente 1% del producto económico mundial en 2050, un costo significativo pero muy inferior al que resultaría de no hacer nada.

Tanto el Informe Stern como el Cuarto Informe de Evaluación del IPCC coinciden en afirmar que es todavía posible evitar los peores impactos del cambio climático si se toman acciones enérgicas sin demora.

Ya pasó el tiempo de hacer más estudios y reunir más datos antes de actuar. Hoy sabemos que la amenaza ya está aquí, con consecuencias probablemente catastróficas. No se trata sólo de un calentamiento global progresivo, sino que existe el riesgo de retroalimentaciones peligrosas, con cambios abruptos irreversibles y a gran escala en el sistema climático. Es necesario adoptar inmediata y simultáneamente todas las soluciones disponibles, sin dejar de investigar y desarrollar mejores opciones, si no queremos que nuestros descendientes en la segunda mitad del siglo XXI acaben envidiando los horrores que vivió el mundo en la primera mitad del siglo XX.

III. La energía nuclear

El aprovechamiento de la energía nuclear significó un paso gigantesco para la humanidad, sólo comparable al que representó el dominio del fuego. Pero mientras que éste es una rareza, quizás sólo existente en nuestro planeta, la energía nuclear mueve y transforma el Universo.

En el comienzo de su evolución, el hombre no contaba más que con su propia fuerza para realizar trabajo. Hace diez mil años o menos, con la domesticación de algunos animales, agregó la fuerza muscular de éstos a la suya propia. La energía solar siempre estuvo presente como fuente de luz y calor en el desarrollo del hombre y de la mayoría de los seres vivos.

El primer aprovechamiento tecnológico de otras fuentes de energía fue el uso de corrientes de agua y del viento en molinos y en la navegación. Lo que así se utiliza es la energía cinética de las moléculas, a su vez resultado de la energía que nos llega del sol. Es interesante hacer notar que una molécula de agua, al caer libremente de una altura de un metro, adquiere una energía cinética de aproximadamente dos microelectrón-volts.

El uso del fuego puso a disposición del hombre la energía de la combustión, esto es, energía química resultado de la interacción de los electrones exteriores del átomo. Sin embargo, pasaron muchos milenios antes de que la combustión tuviera una aplicación tecnológica importante, con la invención de la máquina de vapor en el siglo XVIII. En las reacciones químicas, la energía liberada es del orden del electrón-volt por reacción, esto es, un millón de veces superior a la energía cinética de una molécula. El proceso que se inició con la máquina de vapor fue tan portentoso, en lo económico, en lo social y en lo político, que ha sido conocido como la “Revolución Industrial”, aunque más propiamente debería llamarse la “primera revolución energética”.

En las reacciones nucleares intervienen las partículas constitutivas del núcleo atómico y las energías por reacción son ahora del orden del Megaelectrón-volt, otra vez un factor de un millón con respecto a las reacciones químicas. Si se repite la historia, esta revolución energética, además de suscitar rechazos y oposiciones, tendrá efectos importantes en el mundo. Quizás el primero fue el súbito colapso de la Unión Soviética, al que contribuyó seguramente el alto costo de la competencia nuclear con los Estados Unidos.

Además de la concentración de la energía producida, hay otra diferencia importante entre las energías eólica e hidráulica, por una parte, y la química

y la nuclear, por otra. Una molécula de agua al pasar por una turbina o una molécula de nitrógeno al rebotar en la vela de un barco, no cambia de sustancia, sigue siendo la misma molécula. En la combustión o en la fisión y fusión nucleares, por el contrario, las sustancias químicas o las especies nucleares resultantes son diferentes a las originales, de modo que se producen residuos, químicos o nucleares. Con la contaminación hemos topado. Al ser las reacciones nucleares un millón de veces más energéticas que las químicas, por unidad de masa, los residuos producidos en la generación de energía nuclear lo son en mucho menor cantidad que los que resultan de la combustión, lo que facilita su confinamiento.

El desarrollo de la energía nuclear en los últimos cincuenta años ha sido muy inferior a todas las previsiones, en parte por problemas de desarrollo y en gran medida por la oposición de amplios sectores de la opinión pública.

Desde hace unos años, varios países, incluyendo los Estados Unidos, preocupados por la seguridad de suministro y por los precios de los hidrocarburos, están considerando reanudar sus programas nucleares. Un motivo adicional es reducir la contribución del sector eléctrico a la emisión de gases de invernadero. Hay que decir que otros países, entre los que se encuentran la República Popular China, la República de Corea, India, Japón y Rusia, nunca dejaron de construir centrales nucleares y han revisado a la alza sus programas.

La energía nuclear no está exenta de problemas y entre los principales están la seguridad de las centrales, el manejo de los residuos radiactivos, la amenaza del terrorismo y el peligro de proliferación de armas nucleares.

Desde el comienzo del desarrollo de los reactores nucleares se estuvo muy consciente de la importancia de la seguridad. Pese a los accidentes de la Isla de las Tres Millas, sin más efecto que la destrucción del reactor y de Chernóbil, con consecuencias mucho menores que las fantasías que se han publicado, la energía nuclear en el mundo tiene un récord de seguridad mucho mejor que el de otras industrias energéticas, además de tener un impacto prácticamente nulo sobre la salud de la población en general.

Se calcula que en los reactores actualmente en el mercado la probabilidad de fusión del núcleo es de 1 en 100 mil por año y la probabilidad de salida de material radiactivo al exterior del contenedor es de 1 en 1 millón por año, cifras adecuadas para el parque actual de 439 reactores de potencia en el mundo. Sin embargo, en previsión de un aumento considerable en el número de centrales nucleares a nivel mundial, en los nuevos modelos de reactores, que estarían en operación hacia 2050, la seguridad se basa más

en mecanismos pasivos que obedecen las leyes físicas y no depende de sistemas electromecánicos, o de la intervención humana.

Existen incertidumbres y grandes diferencias entre países sobre el tratamiento y almacenamiento de los residuos radiactivos, especialmente los de alto nivel, lo que hace que la opinión pública perciba esto como un problema grave no resuelto. Hay fundamentalmente dos tendencias a nivel mundial: el almacenamiento indefinido del combustible gastado (caso de Finlandia), o la solución que consiste en reprocesar el combustible, separar los elementos transuránicos y transmutar éstos, de modo que quede un residuo que en un plazo de 600 ó 700 años tendría una radiactividad similar a la que se encuentra en la naturaleza, en un yacimiento de uranio, por ejemplo. La escala de cientos de años parece más compatible con la experiencia de las sociedades humanas que la de cientos de miles o millones de años.

Un problema no nuevo pero que ha cobrado relevancia últimamente es la seguridad contra ataques terroristas. Las centrales nucleares son más seguras y están mejor protegidas que la mayor parte de las instalaciones de importancia o peligrosidad similar, pero no puede ignorarse el aspecto publicitario que el adjetivo “nuclear” daría a un simple intento de ataque terrorista.

El peligro de proliferación de armas nucleares es más un problema percibido que un problema real, ya que en la práctica el camino más fácil para obtener explosivos nucleares no pasa por la construcción de un reactor para la producción de electricidad. Aun así, varios de los nuevos tipos de reactores en desarrollo emplean un ciclo de combustible que haría todavía más difícil la obtención de materiales especiales para la fabricación de armas nucleares.

Lo que está sucediendo con Irán es un caso especial. Irán planea construir un número importante de centrales nucleares y quiere, como otros países, tener el control del ciclo del combustible para esos reactores, lo que incluye el enriquecimiento de uranio. Esa capacidad le podría permitir, si así lo desease, fabricar bombas nucleares en un plazo relativamente breve, eventualidad que no puede descartarse en un país con varios vecinos que ya poseen armamento nuclear. La solución definitiva se logrará cuando Irán y otros países del Cercano y Medio Oriente se convengan, como ya pasó con Sudáfrica, que estarían más seguros sin bombas nucleares y destruyan las existentes.

He hecho alusión al desarrollo de nuevos tipos de reactores, más seguros y con ciclos de combustible más resistentes a la proliferación. Existen dos esfuerzos internacionales importantes en ese sentido, el llamado Foro Internacional para la Generación IV (**Generation IV International Forum (GIF)**), auspiciado por los Estados Unidos, y el Proyecto Internacional sobre Reactores Nucleares y Ciclos de Combustible Innovadores (**International Project on Innovative Nuclear Reactors And Fuel Cycles (INPRO)**), promovido por el Organismo Internacional de Energía Atómica.

Además, en el campo de la fusión nuclear está el proyecto internacional ITER, siglas que originalmente significaron “International Thermonuclear Experimental Reactor”. De todos esos grupos de trabajo internacionales, México está conspicuamente ausente, en contraste con otros países similares al nuestro.

En mi opinión, mucha de la culpa por los problemas que ha tenido y tiene el desarrollo de la energía nuclear en el mundo y particularmente en México, la tenemos los ingenieros nucleares, que no hemos sabido comunicarnos con la población en general, ni vencer la ignorancia y la desconfianza de los políticos. En contraste, la posición de James Lovelock, ecologista pionero y creador de la hipótesis de Gaia, que concibe a nuestra Tierra como un sistema en el que el planeta interacciona con los seres vivos, goza de mucha mayor credibilidad.

Ante la amenaza del cambio climático, Lovelock propone un uso masivo de la energía nuclear, porque ya no hay tiempo para desplegar en forma eficaz las energías alternativas, menos aún para recurrir a medidas paliativas. Si no nos damos prisa, Lovelock augura una catástrofe climática en que la especie humana se vería reducida en poco tiempo a 500 millones de supervivientes, refugiados en el Ártico, con reactores nucleares como fuente de electricidad, calor y alimentos.

Esperemos que esta visión apocalíptica no se cumpla, que nuestros jóvenes ingenieros hagan del siglo XXI algo mucho mejor que lo que fue el siglo XX y se acerquen al ideal de una Humanidad más justa, en la que los seres humanos estén en paz entre ellos y en equilibrio con nuestro planeta.

México, D. F., 3 de mayo de 2007