

## LA ENERGÍA NUCLEAR EN EL CONTEXTO ECONÓMICO, TECNOLÓGICO Y SOCIAL DE JAPÓN

EMMA MENDOZA MARTÍNEZ

*El Colegio de México*

La energía nuclear en el mundo fue vista por algún tiempo como una panacea por las grandes expectativas científicas y tecnológicas que involucraba. Hoy en día, sin embargo, enfrenta severos contratiempos debido a una serie de factores; entre ellos, la competencia con otras fuentes de energía económicamente más rentables, los avances en la desregulación de la industria eléctrica, la tendencia en algunos países de la Unión Europea a ir reduciendo o retirándose del uso de la energía nuclear y la creciente oposición pública. No obstante, esto no significa el fin de la historia del desarrollo nuclear, sino una etapa de competencia y nuevos retos a los que se enfrenta esta polémica industria.

En el mundo se encuentran en operación 440 reactores nucleares (31 enero, 2004), con una capacidad instalada neta total de 361 582 GW(e),<sup>1</sup> que suministran alrededor de 16% del total de la producción de electricidad generada, y hay 31 plantas nucleares en construcción. En Estados Unidos la energía nuclear representa cerca de 20% del suministro de electricidad; en Europa Occidental satisface aproximadamente 30%,<sup>2</sup> y en Japón suministra más de un tercio de la electricidad que se consume. En Asia, por otra parte, debido al alto crecimen-

---

Este artículo fue recibido por la dirección de la revista el 12 de febrero de 2004 y aceptado para su publicación el 9 de marzo de 2004.

<sup>1</sup> IAEA, *Latest News Related to PRIS and the Status of Nuclear Power Plants*, <http://www.iaea.org/programmes/a2/index.html>

<sup>2</sup> IAEA, *Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2030*, Viena, julio de 2003, <http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Press/rds-1/RDS1-23scr.pdf>

to económico y al consecuente incremento en la demanda de energía, existe creciente interés por la energía nuclear, particularmente en países como Corea del Sur, China, Filipinas, Indonesia, Malasia, Tailandia y Vietnam. Y, donde aún no se usa la energía nuclear para generar electricidad se prevé que se introduzca en el mediano y en el largo plazo.<sup>3</sup>

A pesar de que en los países de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) y en las economías en transición se estima que la participación de la energía nuclear dentro del suministro total de energía primaria (STEP) continúe declinando, se está incrementando la tasa de operación y se está alargando la vida de las plantas nucleares ya existentes.

El desarrollo de la energía nuclear en Japón, en un principio, fue acelerado; la primera planta nuclear comercial comenzó a operar en 1966. De esa fecha a 1975 se inició la construcción de 23 reactores, de los cuales nueve entraron en operación durante el mismo periodo;<sup>4</sup> para junio de 1981 ya había 22 plantas nucleares en funcionamiento.<sup>5</sup> Después de las crisis petroleras de la década de los setenta se dieron mayores apoyos e incentivos financieros a la energía nuclear, como una fuente alternativa para sustituir la fuerte dependencia en el petróleo, que en 1973 representaba 77.4%, mientras que la energía nuclear sólo ocupaba 0.6% del STEP. Sin embargo, con el accidente de Three Mile Island ocurrido en Estados Unidos en 1979, y las fallas técnicas que comenzaron a presentarse en forma más constante en las distintas instalaciones nucleares en Japón durante los años ochenta, la oposición local se incrementó.

### La política energética en Japón

El fomento que se le ha dado a la industria nuclear en Japón está basado en los principios fundamentales que rigen la polí-

<sup>3</sup> Atomic Energy Commission, *Long-Term Program for Research, Development and Utilization of Nuclear Energy*, noviembre de 2000, pp. 6-7.

<sup>4</sup> Keiko Tabusa, *Nuclear Politics: Exploring the Nexus Between Citizens' Movements and Public Policy in Japan*, Columbia University, 1992, p. 120.

<sup>5</sup> Ronald A. Morse, "Japanese Energy Policy", en Khol Wilfred, *After the Second Oil Crisis*, Toronto, Lexington Books, 1982, p. 266.

tica energética japonesa, plasmados en los documentos oficiales del Ministerio de Economía, Comercio e Industria (METI).<sup>6</sup> Éstos son: crecimiento económico, seguridad energética y protección ambiental, que se traducen en garantizar crecimiento económico sostenible, suministro estable de energía, y una respuesta adecuada al cambio climático.

Para Japón, el aseguramiento del suministro es uno de los elementos esenciales de la política energética, ya que a diferencia de Estados Unidos o de los países europeos, es una nación aislada que no puede intercambiar suministros de energía con los países vecinos a través de líneas de transmisión o ductos.<sup>7</sup> Además, entre las naciones económica e industrialmente avanzadas, Japón tiene la tasa más alta de dependencia de energía primaria en el petróleo importado (99.7%), y una tasa de dependencia alarmantemente alta en las importaciones de petróleo del Medio Oriente (87.1%).<sup>8</sup> (Véase cuadro 1.)

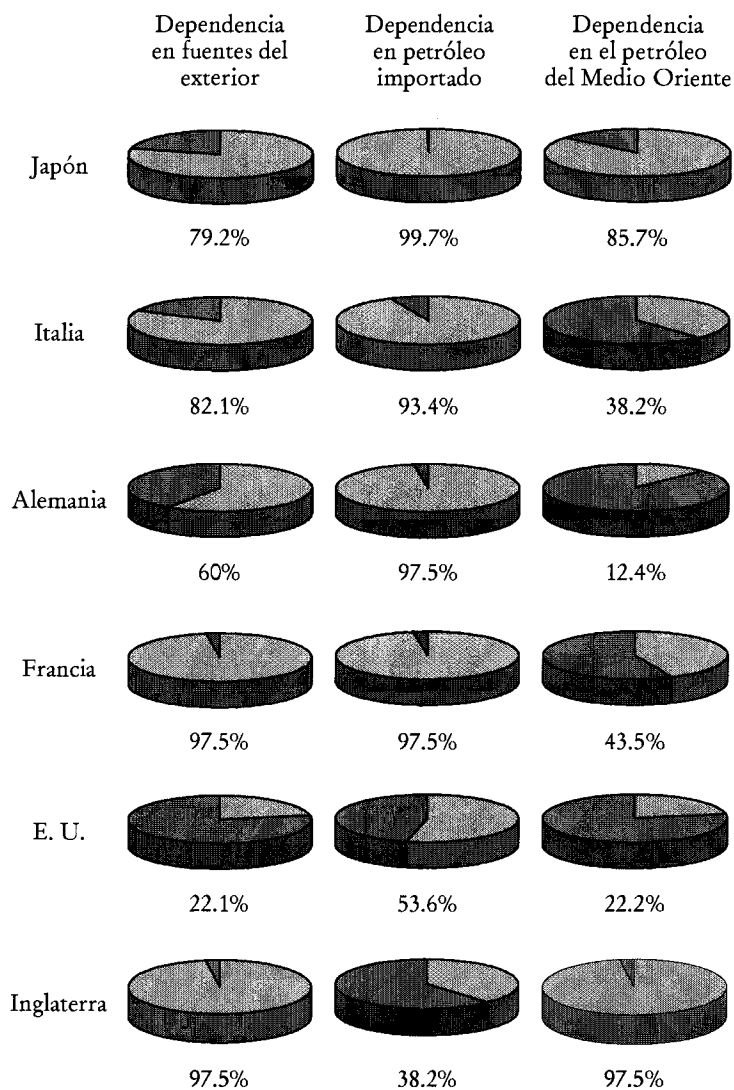
Para entender la línea básica que se sigue en la política nuclear japonesa, es importante tener una visión general de las otras fuentes de energía que conforman la canasta energética, y la evolución que ha tenido cada una de ellas; sobre todo tras las crisis petroleras de los años setenta, cuando se puso de manifiesto la débil estructura de suministro y demanda de Japón, debido a su escasez de fuentes de energía primaria. Entonces se comenzó a promover la introducción de fuentes alternativas al petróleo, junto con programas de conservación de energía, y a dar mayor apoyo al desarrollo de nuevas tecnologías. Como resultado de los esfuerzos constantes, se logró reducir la dependencia en el petróleo de 77.4% en 1973 a 52% en el 2000; en tanto, las demás fuentes de energía aumentaron su participación, durante el mismo periodo. (Cuadro 2.)

<sup>6</sup> Por su nombre en inglés: Ministry of Economy, Trade and Industry.

<sup>7</sup> Atomic Energy Commission, *Long-Term...*, *op. cit.*, pp. 9-10.

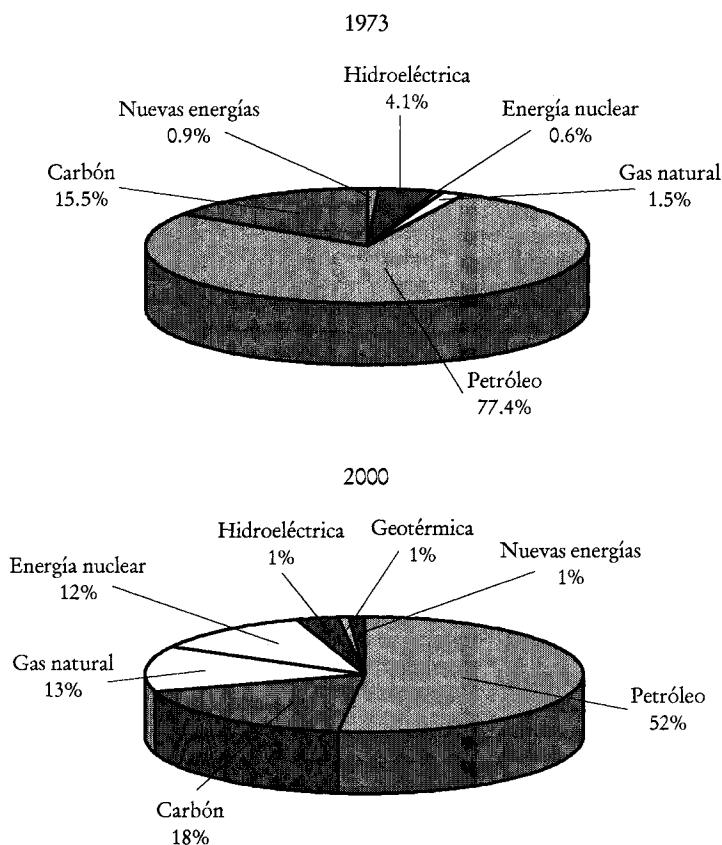
<sup>8</sup> ANRE/METI, *Energy in Japan*, septiembre de 2001, p. 17.

CUADRO 1: Cifras de vulnerabilidad



Fuente: IEA Energy Balances 1999, *IEA Oil Gas Coal & Electricity Quarterly Statistics* (Segundo trimestre de 1999).

CUADRO 2: Suministro total de energía primaria en Japón



Fuente: ANRE/METI, *Energy in Japan 2002*.

### Situación de las fuentes de energía en Japón

#### *Petróleo*

Japón es uno de los países más dependientes del petróleo en su STEP; sin embargo, la demanda de petróleo creció en sólo 1.2% entre 1990 y 2001 alcanzando 256.1 millones de toneladas equiva-

lentes en petróleo (MTOE); en tanto el consumo final total (CFT) de petróleo se incrementó a 218.5 MTOE, alrededor de 16%. A causa del estancado crecimiento económico, el consumo de petróleo dejó de aumentar y surgió una tendencia hacia la baja. El sector transporte es el más grande consumidor de petróleo (43%), seguido por la industria (31%), y el sector residencial y otros sectores (26%). El keroseno es el petróleo típicamente más usado para calefacción.<sup>9</sup>

En 2001, la parte de gasolina en el consumo de combustibles para transporte fue de 49% y la de diesel de 34%; el resto incluía combustible especial para la aviación y otros, como gas licuado de petróleo (LPG).<sup>10</sup> Japón es el segundo más grande consumidor de LPG dentro de la OCDE con 18 MTOE en 2001; 56% de LPG es usado por los sectores residencial y de servicios; 35% por la industria y 9% por el sector transporte.

Casi todo el petróleo es importado. En 2001, las importaciones de petróleo crudo ascendieron a 205 millones de toneladas métricas. Las fuentes fueron Arabia Saudita (25%), Emiratos Árabes Unidos (24%), Irán (12%), Qatar (11%), Kuwait (10%), Omán (6%), Indonesia (4%) y otras (8%). La parte del petróleo procedente del Medio Oriente creció durante la década pasada, alcanzando 88% en 2001, después de un declive de 78% en 1974 a 68% en 1988.<sup>11</sup>

La capacidad tecnológica de Japón y su capital lo favorecen para el éxito de sus proyectos petroleros de exploración y transportación vía ductos. La cooperación con China, Kazakhsan, Rusia y otros países, podría asegurar el suministro de petróleo a largo plazo, tanto para Japón como para la región. Se prevé que el alto nivel de dependencia de Japón en las importaciones del Medio Oriente continúen; por eso, se están profundizando las relaciones con los países exportadores de petróleo en la región, a través del continuo intercambio de recursos humanos, el desarrollo de proyectos de investigación conjuntos y la cooperación tecnológica en los campos vinculados con el petróleo.<sup>12</sup>

<sup>9</sup> OECD/IEA, *Energy Policies of IEA Countries, Japan 2003 Review*, París, pp. 62-63.

<sup>10</sup> Por sus siglas en inglés: Liquefied Petroleum Gas.

<sup>11</sup> OECD/IEA, *Energy Policies...*, *op. cit.*, p. 67.

<sup>12</sup> Tatsujiro Suzuki *et al.*, *A Framework for Energy Security Analysis and Application to a Case Study of Japan*, Berkeley, Nautilus Institute for Security and Sustain-

En febrero de 2000 expiraron los derechos de explotación de la Arabian Oil Company (AOC) de Japón, en la porción saudiarabe de la Zona Neutral (que producía 280 000 b/d), y no se logró renegociar el contrato. Luego, en enero de 2003, la concesión de la AOC en la porción kuwaití de la Zona Neutral expiró, y tampoco se logró renovarla, lo que le da a la AOC el derecho para comprar petróleo de Kuwait durante 20 años.<sup>13</sup>

El gobierno japonés le ha dado su apoyo al consorcio compuesto por la Tomen Corp., la Indonesia Petroleum (Inpex Corp.) y la Japan Petroleum Exploration Co. (Japex), para llegar a un acuerdo con el gobierno iraní que permita la explotación del campo petrolero Azadegan. Se prevé que la producción inicial en 2007 sea de 50 000 b/d y alcance su máximo en alrededor de 400 000 b/d.

En la región del mar Caspio, Japón ha estado buscando acciones de participación. En 1996, Itochu se unió al campo ACG costa afuera de Azerbaijan. La Japan National Oil Corporation (JNOC) ha apoyado financieramente a Itochu en el desarrollo de este campo, incluyendo el proyecto de un ducto para exportar petróleo crudo a Ceyhan, Turquía. Y, en 1998, las compañías japonesas unieron tres proyectos: el Área de Contrato Kur Dashi costa afuera de Azerbaijan (Mitsui), el Área de Contrato Atashgyakh-Mugandeniz-Yanan Tava (Inpex, Japex, Teikoku Oil e Itochu), y el campo de Kashagan costa afuera de Kazakhstan (Inpex).

Con Rusia existe un proyecto para la construcción de un ducto de 3 700 km, que irá de Angarsk, en el este de Siberia, a Nakhodka. Sin embargo, Rusia también tiene la opción de construir un ducto más corto, de 2 400 km, que parta igualmente de Angarsk pero hacia Daqing, China.<sup>14</sup> La primera opción beneficiará más a Rusia, tanto estratégica como económicamente, ya que se diversificarán los destinos de las exportaciones de petróleo, a Estados Unidos, Corea del Sur y Taiwan, por mar.

---

able Development, p. 25, [http://www.nautilus.org/pares/PARES\\_Synthesis\\_Report.pdf](http://www.nautilus.org/pares/PARES_Synthesis_Report.pdf)

<sup>13</sup> OECD/IEA, *Energy Policies...*, *op. cit.*, p. 63.

<sup>14</sup> *The Japan Times*, "Japan, China spar over oil development in Siberia", 28 de agosto, 2003.

Además, para preparar la contingencia de un repentino cese de las importaciones de petróleo, tanto el gobierno central como las empresas privadas están acumulando reservas de petróleo. Para fines de marzo de 2003 se había logrado acumular una reserva equivalente a 169 días de suministro.<sup>15</sup>

### *Carbón*

En Japón, las reservas de carbón son abundantes, suficientes para durar 227 años.<sup>16</sup> Después de que en 2001 culminó la reestructuración de la industria del carbón, debido a su baja competitividad, la producción doméstica disminuyó en 60% en la última década, y alcanzó tres MT (1.6 MTOE) en 2001 lo que contribuyó en 1.6% de la demanda doméstica. Y, con el cierre de la mina Ikeshima y la reorganización de la Taiheiyo en 2001, la producción se redujo aún más, a 0.7 MT en 2002.<sup>17</sup>

La demanda de carbón se incrementó en 35% de 1990 a 2001, de 74 MTOE a 100.2 MTOE. La demanda para los diferentes tipos de carbón se ha desarrollado en forma diferente: por una parte, el consumo de carbón metalúrgico se incrementó en 111% entre 1990 y 2001, principalmente por la creciente demanda para la generación de electricidad; en tanto, el consumo de carbón de coque disminuyó en 6% como resultado de la desaceleración y la declinante demanda de acero. En 2001, 76% del carbón metalúrgico era usado para la generación de electricidad y la mayor parte del resto para la industria de minerales no metálicos.

Japón es el más grande importador de carbón metalúrgico para la generación de electricidad, y de carbón de coque para la fabricación de acero. En el 2001, el carbón metalúrgico era importado principalmente de Australia (58%), China (17%) e Indonesia (11%), y el carbón de coque, principalmente de Australia (61%), China (15%), Indonesia (11%) y Canadá (7%).

<sup>15</sup> ANRE/METI, *Energy in Japan*, 2003, p. 22.

<sup>16</sup> ANRE/METI, *Energy in Japan*, 2002, p. 20.

<sup>17</sup> OECD/IEA, *Energy Policies...*, *op. cit.*, p. 72.



### *Gas natural*

Debido a sus abundantes reservas y amplia disponibilidad en el mundo, el gas natural ha sido activamente promovido como una fuente de energía alternativa al petróleo. Cuando se quema, emite menos bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y menos óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) que otros combustibles fósiles, tales como el petróleo; y no emite óxidos de sulfuro (SO<sub>x</sub>), por lo que se prevé un mayor uso en el futuro.<sup>18</sup>

La producción nacional de gas natural asciende a 2 500 millones de m<sup>3</sup> y contribuye con 3.3% de la demanda. Las reservas domésticas probadas son de 40 000 millones de m<sup>3</sup> y van a ser agotadas en 16 años a la actual tasa de uso. Japón es el más grande consumidor de gas en el mundo. La demanda de gas natural alcanzó 64.8 MTOE (80 000 millones de m<sup>3</sup>) en 2001, 50% más que en 1990. La parte del gas en el STEP se incrementó de 9.9% a 12.4% durante el mismo periodo.<sup>19</sup>

Para la generación de electricidad se utilizan unas 44.4 MTOE (69%) de gas natural. El CFT de gas ha crecido en 39% desde 1990, alcanzando 20.4 MTOE en 2001. La industria ocupa 41% del CFT de gas y el resto es usado en las casas, servicios y otros sectores. A pesar de su rápido crecimiento, el gas natural está disponible sólo en 5% de todo el país y en 21% de las áreas citadinas.

La mayoría del gas natural consumido en Japón es importado como gas natural licuado (GNL). Japón inició el comercio de GNL en la región de Asia-Pacífico en 1969 con sus primeras importaciones provenientes de Alaska; el país, desde entonces, se ha convertido en el más grande importador de GNL. En 2001, las fuentes de importación fueron Indonesia (30%), Malasia (21%), Australia (14%), Qatar (12%), Brunei (11%), los Emiratos Árabes Unidos (8%) y Alaska (2%).<sup>20</sup>

Japón está viendo la posibilidad de importar gas natural del Lejano Oriente Ruso. Los dos proyectos en consideración son el Proyecto Sakhalin I, por el que se llevaría el gas a través

<sup>18</sup> ANRE/METI, *Energy in Japan*, 2003, p. 18.

<sup>19</sup> OECD/IEA, *Energy Policies...*, *op. cit.*, pp. 75-76.

<sup>20</sup> *Ibid.*, p. 78.

de un ducto, y el Proyecto Sakhalin II, por el que se transportaría GNL. Los estudios técnicos y económicos del Proyecto Sakhalin I muestran que el proyecto del gasoducto sería viable. El METI considera que las importaciones de Rusia van a mejorar la seguridad energética a través de la diversificación de las fuentes de suministro. El resultado de la viabilidad del proyecto del gasoducto Sakhalin ejercería presión hacia la baja en los precios de GNL. El volumen del gas transportado por el gasoducto sería equivalente a seis MT de gas natural, alrededor de 11% de la demanda nacional actual de gas.

### *Energía nuclear*

El gobierno japonés ha puesto un interés particular en desarrollar la energía nuclear, debido a la escasez de combustibles fósiles, así como para reducir las emisiones que causan el efecto invernadero y mejorar la seguridad del suministro. Actualmente existen 52 plantas nucleares en operación (cuadro 3), que suministran 45.7 GW a las empresas de electricidad. En 2001, la electricidad generada por estas plantas llegó a 321.9 TWh.<sup>21</sup> Japón es el tercer más grande productor de energía nuclear en el mundo, después de Estados Unidos con 104 plantas (101.6 GW) y Francia con 59 plantas (59.8 GW) que generan como flujo 768 826 y 401 300 GWh(e), respectivamente.<sup>22</sup>

Para hacer un uso efectivo de los recursos de uranio y manejar los desechos radiactivos adecuadamente, el gobierno japonés ha considerado esencial establecer un ciclo de combustible nuclear, como la base para la promoción del desarrollo y uso de la energía nuclear. Con esta finalidad, desde 1992 existen en Rokkasho Mura, Prefectura de Aomori, una instalación de reprocesamiento de uranio y una instalación de almacenamiento final para desechos radiactivos de bajo nivel, y se espera que para el 2006 inicien sus operaciones las plantas de reprocesamiento, actualmente en construcción.

<sup>21</sup> 321 900 millones de kWh.

<sup>22</sup> IAEA/PRIS, *Power Reactor Information System*, <http://www.iaea.org/programmes/a2>

CUADRO 3: Plantas comerciales de energía nuclear en operación en Japón

<i>Compañía</i>	<i>Planta</i>	<i>Tipo</i>	<i>Producción (MW)</i>
CEAJ	Tokai II	BWR	1 100
	Tsuruga, 2 unidades	BWR/PWR	1 517
Hokkaido	Tomari, 2 unidades	PWR	1 158
Tohoku	Onnagawa, 3 unidades	BWR	2 174
Tokio	Fukushima, 6 unidades	BWR	4 696
	Fukushima II, 4 unidades	BWR	4 400
	Kashiwazaki-Kariwa, 7 unidades	5 × BWR, 2 × ABWR	8 212
Chubu	Hamaoka, 4 unidades	BWR	3 617
Hokuriku	Shika	BWR	540
Kansai	Mihama, 3 unidades	PWR	1 666
	Takahama, 4 unidades	PWR	3 392
	Oi, 4 unidades	PWR	4 710
Chugoku	Shimane, 2 unidades	BWR	1 280
Shikoku	Ikata, 3 unidades	PWR	2 022
Kyushu	Genkai, 4 unidades	PWR	3 478
	Sendai, 2 unidades	PWR	1 780
Subtotal	52	23 × PWR, 27 × BWR, 2 × ABWR	45 742

Nota: CEAJ: Compañía de Energía Atómica de Japón.

BWR: Reactor de agua hirviente.

PWR: Reactor de agua presurizada.

ABWR: Reactor avanzado de agua hirviente.

Fuente: JAIF.

Sin embargo, el reactor rápido de reproducción Monju, que es el pilar central en el ciclo de combustible nuclear por ser un tipo de reactor que tiene la capacidad de generar más combustible del que consume, fue suspendido definitivamente por un dictamen de la Corte Suprema de Nagoya, en enero de 2003, en el que se señaló que los estándares de seguridad no eran los adecuados.<sup>23</sup>

<sup>23</sup> *The Asahi Shimbun*, "Court Rules Monju Fast Reactor Unsafe", 28 de enero, 2003, <http://www.asahi.com/english/national/K2003012800361.html>

CUADRO 4: Plantas nucleares comerciales  
en construcción y planeación

<i>Compañía</i>	<i>Planta</i>	<i>Producción (MW)</i>	<i>Estatus</i>	<i>Inicio de operaciones planeado</i>
Tohoku	Higashidori núm. 1	1 100	En construcción	Julio, 2005
Chubu	Hamaoka núm. 5	1 380	En construcción	Enero, 2005
Hokuriku	Shika núm. 2	1 358	En construcción	Marzo, 2006
Corporación de Desarrollo de Energía Eléctrica	OMA	1 383	En planeación	Julio, 2008
Hokkaido	Tomari núm. 3	912	En planeación	Diciembre, 2008
Chugoku	Shimane núm. 3	1 373	En planeación	Marzo, 2010
	Kaminoseki núm. 1	1 373	En planeación	AF 2012
	Kaminoseki núm. 2	1 373	En planeación	AF 2015

Fuente: ANRE/METI, *Energy in Japan*, 2001.

CUADRO 5: Otras plantas nucleares

<i>Compañía</i>	<i>Planta</i>	<i>Tipo</i>	<i>Producción (MW)</i>
Instituto de Desarrollo del Ciclo Nuclear	Fugen	ATR	165
	Monju	FBR	280

Fuente: Agencia de Ciencia y Tecnología.

### *Energías renovables*

En Japón, las energías nuevas y las procedentes de fuentes renovables (incluyendo la hidroeléctrica de gran escala) contribuyeron con 3.2% del STEP en el 2001. Unos 7.2 MTOE provinieron de la energía hidráulica, 5.2 MTOE de los combustibles renovables y desechos, 3 MTOE de la energía térmica, y 0.9 MTOE de la energía solar y eólica. El uso de energías renovables se incrementó en alrededor de 20% en términos absolutos, pero su parte en el STEP permaneció aproximadamente en el mismo nivel que en 1990.<sup>24</sup>

<sup>24</sup> OECD/IEA, *Energy Policies...*, *op. cit.*, p. 95.

La generación de electricidad de fuentes renovables declinó en 6.6% en el periodo de 1999 a 2001, y la razón principal fue la variación anual en la generación de energía hidráulica. El grueso de la generación de electricidad de fuentes renovables fue de 101 TWh en el 2001, lo que contribuyó con 10% de la generación total.

Gracias al incremento de la capacidad instalada, se ha logrado reducir el costo de electricidad generada por energía fotovoltaica, de 260 yenes por kWh en 1993 a 66 yenes por kWh en 1999. Sin embargo, la energía fotovoltaica para uso residencial aún cuesta el triple comparada con las tarifas de electricidad que cobran a las empresas. El METI proyecta una reducción del precio para los sistemas fotovoltaicos domésticos. De alrededor de 0.8 millones de yenes por kW en 2000 pasará a 0.3-0.4 millones de yenes por kW para la segunda mitad de esta década, produciendo energía eléctrica a un costo de entre 25 y 30 yenes por kWh.<sup>25</sup>

En tanto, la energía eólica es relativamente competitiva comparada con la solar. El costo de la capacidad eólica instalada en Japón es de alrededor de 1.5 veces el costo en Europa y en Estados Unidos (un millón de dólares por MW). El costo de generación, de 10 a 14 yenes por kWh (0.10 dólares), es considerablemente más alto que los 0.04 a 0.06 dólares que es el promedio para sitios comparables en Europa.

Presentado este panorama general de las fuentes de energía primaria (petróleo, gas natural y carbón), y de la energía nuclear y renovables (que en esencia son fuentes secundarias), se hará una revisión más amplia de los factores económicos, de seguridad, sociales y ambientales, que hacen cuestionar o favorecen la viabilidad de la energía nuclear.

### Factores económicos

Entre los factores económicos se distinguen tres aspectos principales que ponen en desventaja a la energía nuclear frente a otras fuentes de energía.

<sup>25</sup> *Ibid.*, p. 97.

CUADRO 6: Costo total desglosado  
de la generación de la energía nuclear

<i>Costo total</i>	5.9 yenes por kWh
<i>Costo de capital</i> (Depreciación, impuesto de propiedad fijo, costo de desmantelamiento, etcétera)	2.3 yenes por kWh
<i>Costo de operación y mantenimiento</i> (Reparación, manejo general, impuesto empresarial, etcétera)	1.9 yenes por kWh
<i>Costo de combustible</i> (Costo del ciclo de combustible nuclear)	1.65 yenes por kWh
Medidas frontales	0.74 yenes por kWh
• Procuramiento del mineral, refinamiento, conversión	0.17 yenes por kWh
• Enriquecimiento	0.27 yenes por kWh
• Reconversión, fabricación	0.29 yenes por kWh
Reprocesamiento	0.63 yenes por kWh
Medidas de respaldo	0.29 yenes por kWh
• Almacenamiento temporal	0.03 yenes por kWh
• Manejo de los desechos	0.25 yenes por kWh

Fuente: *Plutonium*, núm. 28, invierno, 2000.

*Primero:* los costos de inversión son altos, y este rubro ocupa una parte significativa dentro del costo total de la generación de energía nuclear (cuadro 6). Sin embargo, según estimaciones del Instituto Central de Investigación de la Industria de Energía Eléctrica, se prevé que el costo de capital, que en 1996 contribuyó con 49% de los costos totales, disminuya a 27% para 2010. Aunque por otra parte, los costos de operación y reciclaje de combustible se incrementarán en 38 y 35% respectivamente, de los costos totales para 2010.<sup>26</sup>

Actualmente, el costo de una planta nuclear, comparado con el de otro tipo de instalaciones, presenta una gran diferencia: una planta nuclear de 1 350 MW cuesta de 2 000 millones

<sup>26</sup> Tatsujiro Suzuki, *Energy Security and the Role of Nuclear Power in Japan*, p. 22, [http://www.nautilus.org/energy/eaef/Reg\\_Japan\\_final.pdf](http://www.nautilus.org/energy/eaef/Reg_Japan_final.pdf)

a 3 000 millones de dólares, en tanto, una planta de gas de ciclo combinado de 1 000 MW cuesta aproximadamente 500 millones de dólares. En general, en el mundo se considera que este último tipo de instalación es la alternativa más atractiva dado su bajo costo de capital, alta eficiencia y corto periodo de construcción.

En términos del costo de combustible, la generación de electricidad a partir de plantas que utilizan combustible nuclear es menos sensible a la escalada de precios que el de plantas que consumen combustibles fósiles. El costo del uranio representa entre 5 y 8% del total del costo de generación de energía nuclear, en tanto, el costo del carbón representa 25%, en Japón. A fines de los años setenta y principios de los ochenta los precios del uranio eran relativamente altos, pero empezaron a bajar antes de que cayeran los precios del petróleo en 1986.<sup>27</sup> En los últimos años el costo del uranio se ha mantenido en 20 dólares por kg, en promedio.<sup>28</sup>

*Segundo:* con la liberalización de los mercados de energía, y la introducción de productores independientes, se puede generar electricidad a costos relativamente bajos.

*Tercero:* debido a que la energía nuclear no goza de la completa aceptación de la ciudadanía —por los accidentes nucleares y la negligencia en que han incurrido las autoridades y los operadores— los gastos de promoción se elevan. No obstante los factores mencionados, en 1999 el Ministerio de Comercio Internacional e Industria (MITI) presentó una estimación —aún vigente— del costo de la generación de energía nuclear de una planta nueva, en la que se señalaba como el más bajo, comparado con otras fuentes de energía<sup>29</sup> (cuadro 7).

En 1996 el costo de la generación de energía nuclear era de 7.23 yenes por kWh.<sup>30</sup> Este cambio en el costo se atribuye en gran medida al mejoramiento en el comportamiento técnico de las plantas nucleares, observable hasta 2001; sin embargo, la disponibilidad de las plantas japonesas no ha estado dentro de

<sup>27</sup> OECD/IEA, *Energy Policies of IEA Countries, 1999 Review*, París, p. 60.

<sup>28</sup> AEN/NEA, *Uranium 2001: Resources, Production and Demand*, OECD, 2000.

<sup>29</sup> OECD/IEA, *Energy Policies...*, *op. cit.*, p. 108.

<sup>30</sup> T. Suzuki, *Energy Security...*, *op. cit.*, p. 21.

CUADRO 7: Costos de generación de la electricidad por fuente de energía en Japón

<i>Fuente de energía</i>	<i>Nuclear</i>	<i>Hidroeléctrica</i>	<i>Térmica (petróleo)</i>	<i>Térmica (gas natural licuado)</i>	<i>Térmica (carbón)</i>
Costo de la electricidad (yenes por kWh)	5.9	13.6	10.2	6.4	6.5

Fuente: MITI.

los mejores niveles en el mundo.<sup>31</sup> Esta situación empeoró en 2002, con el cierre de todas las plantas nucleares de la compañía de electricidad Tokio (Tepco), la más grande de Japón, debido al descubrimiento de reportes de seguridad falsos.

A esto se suma la continua oposición de los ciudadanos a consecuencia, como ya se dijo, de los accidentes nucleares tanto en Japón como en el extranjero y a la actitud de negligencia y deshonestidad de los encargados de la administración y manejo de la energía nuclear. En este punto se incorpora el aspecto de la seguridad en el debate sobre la viabilidad de la energía nuclear.

### Factores de seguridad

Son varios los aspectos relacionados con el tema de la seguridad, para lo cual hay que distinguir entre seguridad radiológica y protección física. La primera consiste en la protección contra los efectos de las radiaciones ionizantes por cualquier causa, ya sean accidentes nucleares, manejo y operación de los materiales e incluso exposiciones médicas. La segunda, se refiere a la protección de los materiales nucleares, de robo u otra transferencia ilegal, y a la protección de las instalaciones y materiales nucleares de daño o actos destructivos durante el transporte.

<sup>31</sup> OECD/IEA, *Energy Policies...*, *op. cit.*, p. 113.



Así se observa la influencia de los accidentes en la política nuclear de Japón: primero fueron los accidentes de Three Mile Island (EU, 1979) y de Chernobyl (Ucrania, 1986); en ese entonces se decía que jamás ocurrirían hechos semejantes en Japón, porque la tecnología y condiciones de seguridad eran distintas, aunque en realidad ya habían ocurrido varios incidentes técnicos en las plantas nucleares japonesas. Empero, los accidentes más graves sucedieron en la década de 1990. El de Monju,<sup>32</sup> en diciembre de 1995, consistió en una fuga de sodio en el segundo sistema de enfriamiento y el de Tokai,<sup>33</sup> en septiembre de 1999, se trató de un accidente de criticidad<sup>34</sup> en la planta de reprocesamiento de combustible nuclear gastado. Dichos acontecimientos pusieron en duda el mito de la seguridad.

Otros de los aspectos vinculados con la seguridad nuclear son el manejo y la disposición de los desechos radiactivos y su transportación vía marítima. Existen dos tipos de desechos radiactivos, los de bajo nivel (LLW) y los de alto nivel (HLW).<sup>35</sup> Para Japón, la principal preocupación para almacenar este tipo de desechos es lo reducido de su territorio, puesto que cualquier zona urbana se encuentra relativamente cerca. Para los desechos de bajo nivel ya existe un centro de disposición en Rokkasho Mura, prefectura de Aomori, y para los de alto nivel hay dos sitios previstos: uno en Horonobe, prefectura de Hokkaido, y otro en Mizunami, prefectura de Gifu. Algunos argumentan que aún no existe una tecnología completamente probada que garantice la estabilidad de los desechos en el sitio donde se depositen, y la opinión pública influye mucho para evitar que se pongan en funcionamiento esas instalaciones. La transportación por mar de los desechos radiactivos implica otro riesgo significativo, ya que las embarcaciones no sólo están expuestas a un accidente, sino a un ataque terrorista.

<sup>32</sup> Anomalía. Nivel 1 en la escala internacional de sucesos nucleares.

<sup>33</sup> Accidente sin riesgos significativos fuera del sitio. Nivel 4 en la escala internacional de sucesos nucleares.

<sup>34</sup> Situación en la que una reacción nuclear en cadena se vuelve autosostenible, tal como sucede en un reactor nuclear.

<sup>35</sup> Low Level Waste y High Level Waste. Lo que los diferencia es la vida media de los radionuclidos; es decir, la vida media que ese material tarda en desintegrarse. Los LLW tardan hasta 30 años y los HLW más de 30 años.

Un aspecto más que debe considerarse dentro del tema de la seguridad es el de la proliferación nuclear. El combustible nuclear, una vez quemado, tiene la posibilidad de ser reprocesado para volver a utilizarse. Japón ha considerado esta opción como alternativa viable, debido a que no cuenta con recursos de uranio; sin embargo, la acumulación de plutonio<sup>36</sup> despierta sospechas de que este material pueda ser usado para la fabricación de armas nucleares. Y no sólo eso: las instalaciones donde se almacena pueden ser blanco de un ataque terrorista, o el material puede ser extraído en forma clandestina y desviado para usos militares. A pesar de que Japón ha reforzado sus medidas de seguridad, después de los acontecimientos del 11 de septiembre de 2001, el riesgo se ha incrementado.

Con el objetivo de mejorar la seguridad de los reactores nucleares, de reducir la posibilidad de proliferación, de mejorar la eficiencia técnica, y de contar una base científica actualizada, Japón mantiene una continua investigación y desarrollo de la tecnología nuclear. Entre los sistemas avanzados de generación nuclear están los reactores de agua ligera (LWR), avanzados y evolutivos, los reactores de alta temperatura enfriados por gas (HTGR) y los enfriados por metales líquidos. Estos diseños poseen características de seguridad incrementadas e incluyen mayor uso de tecnología avanzada.<sup>37</sup> Otra de las tecnologías en la que se tienen fincadas grandes expectativas es el reactor termonuclear experimental internacional (ITER),<sup>38</sup> que ofrece la posibilidad de demostrar la potencia de la fusión nuclear<sup>39</sup> como una fuente de energía potencialmente segura y ambientalmente aceptable.

Los factores sociales son otro aspecto indispensable a considerar en el papel que tiene la energía nuclear en Japón.

<sup>36</sup> Para fines de 2002, el inventario de plutonio separado de Japón ascendía a 38 675 kg.

<sup>37</sup> Jacques Royen, "Advanced reactors: Safety issues and research needs", *NEA updates*, NEA News, 2002, núm. 20.2, p. 14.

<sup>38</sup> IAEA, *Energy & Environment*, [http://www.iaea.org/search97cgi/s97.cgi?action=View&VdkVgwKey=http://www.iaea.org/Publications/Magazines/Bulletin/Bull393/energy.html&QueryZip=international+thermonuclear+experimental+reactor&&viewTemplate=cvw\\_smpl.htm&collection=IaeaSite](http://www.iaea.org/search97cgi/s97.cgi?action=View&VdkVgwKey=http://www.iaea.org/Publications/Magazines/Bulletin/Bull393/energy.html&QueryZip=international+thermonuclear+experimental+reactor&&viewTemplate=cvw_smpl.htm&collection=IaeaSite)

<sup>39</sup> Los componentes principales de la fusión —el deuterio y el tritio, uno extraído del agua del mar y otro producido de litio abundante— y su producto final, el gas inerte helio, no son tóxicos ni radiactivos, ni contribuyen al efecto de invernadero.

### Factores sociales

Los accidentes nucleares y la deshonestidad de las autoridades al ocultar fallas técnicas o falsificar reportes de seguridad han sido las principales razones de que se haya incrementado la desconfianza de los ciudadanos con respecto a la energía nuclear. Los principales accidentes han sido el de Monju y el de Tokai. En el primero, el problema no sólo fue la falla técnica, sino la actitud de las autoridades al tratar de ocultar el video en el que se mostraba cómo habían ocurrido los hechos. El segundo se trató de la negligencia de los empleados, quienes violaron el reglamento de seguridad al mezclar una cantidad de uranio, siete veces superior a la masa especificada, con otros componentes; además, no se utilizó el equipo adecuado para llevar a cabo la operación.

Otros incidentes fueron la falsificación de datos de control de calidad del combustible de óxidos mixtos de uranio y plutonio (mox) por la compañía British Nuclear Fuel Ltd. (BNFL), de la que se notificó a las autoridades japonesas en octubre de 1999, y el gran escándalo de la empresa Tepco, en agosto de 2002, por el encubrimiento de defectos en sus instalaciones y la falsificación de reportes de seguridad que llevó al cierre de sus 17 reactores, y ocasionó pérdidas millonarias<sup>40</sup> a la industria eléctrica y nuclear. Éstos son sólo los grandes acontecimientos que han mermado la confianza pública, pero existe una lista enorme de problemas<sup>41</sup> que se presentan continuamente en las instalaciones nucleares, tales como fugas de radiación, fallas técnicas, exposición de los trabajadores a altas dosis de radiactividad, entre otros.

Esto se ha traducido en una creciente oposición ciudadana al uso de la energía nuclear que se ha hecho más evidente, sobre todo, después del accidente de Monju, con la activa participación de diversos actores de la sociedad. Por ejemplo, los gobernadores de Fukui, Fukushima y Niigata, las prefecturas con mayor número de plantas nucleares en Japón, presentaron en

<sup>40</sup> *The Japan Times*, "Tepco hurt by fallout from nuclear reactor closures", 19 de noviembre, 2003.

<sup>41</sup> CNIC, *Nuke Info Tokyo*, Tokyo, varios números.

enero de 1996, al primer ministro Hashimoto, la propuesta titulada "En busca de construir un consenso nacional". Por su parte, los partidos políticos, intelectuales y ciudadanos en general, también hicieron públicas sus opiniones.

Este descontento de los ciudadanos tuvo una de sus manifestaciones más claras y más inmediatas en la realización del plebiscito en Maki, prefectura de Niigata, en agosto de 1996, en el que se preguntó a los residentes locales si estaban o no de acuerdo con el proyecto de construcción de la planta nuclear Maki. El resultado fue el rechazo de más de 60% de los votantes que acudieron a las urnas (88.29%). Lo relevante de este suceso es que ha servido de ejemplo en otras localidades,<sup>42</sup> independientemente de que en la legislación nacional el referéndum ciudadano no está considerado para la realización de este tipo de consultas,<sup>43</sup> ni tiene carácter vinculatorio.<sup>44</sup>

Los avances que han logrado los ciudadanos también se han observado en el triunfo del juicio legal para el cierre definitivo del reactor Monju, y en la cancelación de los planes de construcción de las plantas nucleares Ashihama y Maki. En estos dos últimos influyó mucho el apoyo del gobernador de Mie, Masayasu Kitagawa, y del alcalde de Maki, Taakaki Sasaguchi, respectivamente. Ambos políticos locales, progresistas e independientes, que apoyaron las decisiones de los ciudadanos sin importar el peso económico y político que ejercían el gobierno y las compañías de electricidad.

En tanto, el accidente de Tokai causó tal impacto que quedó registrado en los resultados de las encuestas de opinión. Antes del accidente, 64% de los habitantes de Tokai señalaban que se sentían "seguros" o "bastante seguros" respecto a la energía nuclear; sin embargo, estas cifras cayeron a 15% después del accidente. La cifra de los que se sentían "en peligro" o "en cierto peligro" aumentó de 22 a 78%. Sobre el futuro de la energía nuclear, el porcentaje de los que indicaban que "debía ser pro-

<sup>42</sup> El 23 de enero de 2001 en la ciudad de Tokushima, sobre la construcción de la presa Yoshinogawa, y el 27 de mayo de 2001, en la ciudad de Kariwa, sobre el uso de combustible mox en la planta nuclear Kashiwazaki-Kariwa, son algunos ejemplos.

<sup>43</sup> Sólo para la destitución de un miembro de la asamblea, el jefe ejecutivo, la disolución de la asamblea, y la revisión de las fronteras de las unidades territoriales.

<sup>44</sup> Que obligue al cumplimiento del resultado.

movido positivamente” o “debía ser promovido con precaución”, bajó de 52 a 32%. En tanto, los que decían que “debía permanecer como está ahora” disminuyeron de 30 a 18%, y aquellos que señalaban que “debería ser desfasada con el tiempo” o “debería ser abolida inmediatamente” se incrementaron de 12 a 40%.<sup>45</sup>

El último de los factores por tratar es el ambiental; concretamente, el papel que tiene la energía nuclear en la meta para detener el calentamiento global del planeta.

### Factores ambientales

En el Protocolo de Kyoto de 1997 Japón se comprometió a reducir para 2010 sus emisiones de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) respecto a los niveles de 1990. En el reporte temporal de 1998 de un Subcomité de Suministro y Demanda, del Comité Consultor de Energía, se recomendaba incrementar la capacidad de generación nuclear de 45 000 a 70 000 MW, lo que implicaba construir más plantas nucleares.<sup>46</sup> Sin embargo, ya que el mayor consumidor de petróleo es el sector transporte, tan sólo con el aumento de la capacidad nuclear instalada no se logra la meta planteada.

Algunas de las medidas necesarias son: 1) mejorar los contenidos de las gasolinas y el diesel para reducir las emisiones de contaminantes; 2) hacer más eficientes los motores de combustión interna; 3) incrementar el uso de sistemas híbridos y de nuevas tecnologías que consumen menos combustibles fósiles; 4) elevar la eficiencia de las instalaciones de generación de electricidad ya existentes; 5) fomentar aún más el uso de fuentes alternativas de energía como la solar, la eólica, la biomasa, a través de subsidios financieros, y 6) revisar el sistema fiscal, para introducir un impuesto fiscal sobre las emisiones de carbono.

De las medidas mencionadas existen ya avances sustanciales. Por ejemplo en la producción de vehículos híbridos

<sup>45</sup> T. Suzuki, *Energy Security...*, op. cit., p. 26.

<sup>46</sup> *Ibid.*, p. 19.

que funcionan a base de gasolina y electricidad, los autos con “emisiones bajas” de contaminación que producen 25% menos que los estándares establecidos en 2000 y los de “emisiones superbajas” que producen 75% menos.<sup>47</sup> También están los vehículos con celdas de combustible, que por medio de una reacción química de hidrógeno y oxígeno generan electricidad y tienen la capacidad de funcionar en temperaturas de hasta 11 grados bajo cero.<sup>48</sup>

Por otra parte, el uso de la energía solar está creciendo en forma acelerada en Japón, país que ocupa el número uno en el mundo en el área de investigación y desarrollo. En 2000, Japón produjo 128.6 MW de energía vía baterías solares, cerca de 45% del total mundial.<sup>49</sup>

Los costos de los sistemas de energía solar aún son altos, pero el incremento en su uso con el apoyo de subsidios contribuirá a su reducción. En 1999, el costo de un sistema de energía solar ascendía a 880 000 yenes (7 723 dólares, aproximadamente)<sup>50</sup> por kW. Para 2002, el costo bajó a 480 000 yenes (3 830 dólares, aproximadamente).<sup>51</sup> La generación máxima de un sistema es de 5.5 kW, con un costo de 2.64 millones de yenes (21 069 dólares, aproximadamente).<sup>52</sup> Con el objetivo de garantizar el desarrollo de las fuentes de energía renovables, se propone que las compañías de electricidad compren toda la energía generada a precios fijos.<sup>53</sup>

Para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, también se ha planteado la introducción de un impuesto sobre el carbón que entraría en vigor en 2005, el cual ayudaría a frenar el consumo de energía en las casas, la industria y el transporte. Si se impone un impuesto de 3 400 yenes (31.71 dólares)<sup>54</sup> por tonelada de car-

<sup>47</sup> *The Japan Times*, “Shipments of low-emission vehicles soar”, 12 de octubre, 2002.

<sup>48</sup> *Ibid.*, “Honda fuel cell can start at subzero temperatures”, 11 de octubre, 2003. También *The Japan Times*, “Honda fuel cell overcomes the cold”, 27 de febrero, 2004.

<sup>49</sup> *Ibid.*, “German politician promotes solar energy”, 15 de mayo, 2003.

<sup>50</sup> La tasa de cambio promedio en 1999 fue aprox. de 113.95 yenes por dólar.

<sup>51</sup> La tasa de cambio promedio en 2002 fue aprox. de 125.30 yenes por dólar.

<sup>52</sup> *The Japan Times*, “Sekisui Chemical touts energy-efficient homes”, 16 de abril, 2003.

<sup>53</sup> *Ibid.*, “German expert pushes renewable energy”, 26 de febrero, 2004.

<sup>54</sup> A 107.20 yenes por dólar, conforme a la tasa de cambio de enero-abril de 2004.

bón, y si todos los ingresos de la recaudación —estimados en alrededor de 950 000 millones de yenes (8 861.94 millones de dólares)— se usan para financiar medidas para contrarrestar el cambio climático, es posible que la nación reduzca las emisiones de CO<sub>2</sub> en 10% para 2010, en comparación con los niveles de 2000.<sup>55</sup>

### Consideraciones finales

La situación en que se encuentra la energía nuclear en Japón, en los ámbitos económico, tecnológico y social, es de competencia, transición y reto. Por lo tanto, su futuro estará sujeto a diversas condicionantes, entre otras: asegurar su posición en los mercados liberalizados de electricidad; incrementar la eficiencia y alargar la vida productiva de las plantas nucleares ya existentes; garantizar la seguridad y transparencia en el manejo de las instalaciones; acortar y reducir la frecuencia de los periodos fuera de servicio de las plantas nucleares —ya sean reglamentarios o por otras razones—, sin que esto comprometa el nivel de seguridad; mantener una base científica actualizada en investigación de reactores, en forma aislada o en participación con otros países como, por ejemplo, en el desarrollo de los HTGR, capaces de producir hidrógeno o en el proyecto ITER, en el que también participan Estados Unidos, la Unión Europea, Rusia, China y Corea del Sur.

Sin embargo, la construcción de más reactores nucleares no es la solución absoluta a la demanda de energía, ni va a reemplazar al petróleo en la industria petroquímica ni en el sector transporte. Por lo tanto, también se debe mantener una constante innovación tecnológica en combustibles fósiles y en energías renovables. Todo esto nos permite apreciar que la energía nuclear, actualmente, no tiene el mismo papel significativo que tuvo en la década de los setenta, cuando el objetivo era reducir la dependencia del petróleo.

<sup>55</sup> *The Japan Times*, "Environment panel calls for carbon tax in 2005", 28 de agosto, 2003.

Finalmente, la atención al factor social es imprescindible para asegurar el futuro desarrollo de la energía nuclear en Japón. El gobierno y las empresas vinculadas están conscientes de la importancia de restaurar la confianza pública y de contar con el consenso ciudadano. Si bien, ya se han tomado algunas medidas como la apertura de simposios y foros, el envío de profesores a reuniones de estudio en cualquier parte del país, la construcción de salas de exhibición interactivas en grandes ciudades, la difusión de información por medio de Internet, y la distribución de panfletos que dan una explicación fácil por medio de caricaturas, y otras medidas más, es necesario tomar más en cuenta la opinión pública y garantizar la apertura y transparencia de la información.

Por otra parte, se debe tener presente que Japón es un país con escasez en combustibles fósiles, lo cual es el motivo principal por el que el gobierno ha insistido tanto en el desarrollo de la industria nuclear. De tal forma que, a pesar de que varios países europeos hayan iniciado una etapa de desfasamiento de su capacidad nuclear instalada —guiados por razones económicas, técnicas y sociales—, Japón sigue firme en su política nuclear. No obstante la necesidad de garantizar un suministro estable de energía, no se debe desdeñar el peso que la sociedad civil ha ejercido en las decisiones sobre política nuclear de esos países democráticamente avanzados. Japón, que ha sido un modelo económico y tecnológico en la región asiática, también podría serlo en la apertura a la participación pública en el proceso de toma de decisiones sobre sus políticas de energía nuclear. ❖

*Dirección institucional del autor:*  
*Dra. Emma Mendoza Martínez*  
*Centro Universitario de Estudios e Investigaciones*  
*sobre la Cuenca del Pacífico*  
*Universidad de Colima*  
*Gonzalo Sandoval núm. 444*  
*col. Oriental*  
*C. P. 28046*  
*Colima, Col.*



## Bibliografía

- ANRE/METI, *Energy in Japan*, septiembre de 2001.
- ANRE/METI, *Energy in Japan*, 2002.
- ANRE/METI, *Energy in Japan*, 2003.
- ATOMIC ENERGY COMMISSION, *Long-Term Program for Research, Development and Utilization of Nuclear Energy*, noviembre de 2000.
- CNIC, "Data: Japan's Separated Plutonium Inventory", *Nuke Info Tokyo*, Tokyo, núm. 97, septiembre-octubre de 2003.
- CNIC, *Nuke Info Tokyo*, varios números.
- GENSHIRYOKU iinkai hen, *Genshiryoku Hakusho Hesei 10 nen (Libro blanco de energía nuclear 1998)*, Tokio, 1998.
- IAEA, *Energy & Environment*, [http://www.iaea.org/search97cgi/s97\\_cgi?action=View&VdkVgwKey=http://www.iaea.org/Publications/Magazines/Bulletin/Bull393/energy.html&QueryZip=international+thermonuclear+experimental+reactor&&viewTemplate=cvw\\_smpl.htm&collection=IaeaSite](http://www.iaea.org/search97cgi/s97_cgi?action=View&VdkVgwKey=http://www.iaea.org/Publications/Magazines/Bulletin/Bull393/energy.html&QueryZip=international+thermonuclear+experimental+reactor&&viewTemplate=cvw_smpl.htm&collection=IaeaSite)
- IAEA, *Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2030*, Viena, July 2003, <http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Press/rds-1/RDS1-23scr.pdf>
- IAEA, *Latest News Related to PRIS and the Status of Nuclear Power Plants*, <http://www.iaea.org/programmes/a2/index.html>
- IAEA/PRIS, *Power Reactor Information System*, <http://www.iaea.org/programmes/a2>
- AEN/NEA, *Uranium 2001: Resources, Production and Demand*, OECD, 2000.
- OECD/IEA, *Energy Policies of IEA Countries, Japan 1999 Review*, Paris.
- OECD/IEA, *Energy Policies of IEA Countries, Japan 2003 Review*, Paris.
- PLUTONIUM, "Agency of Natural Resources and Energy Made a Trial Calculation of Nuclear Power Generation Cost as 5.9 yen/kWh", núm. 28, invierno, 2000.
- ROYEN, Jacques, "Advanced Reactors: Safety issues and research needs", *NEA updates, NEA News*, 2002, núm. 20.2.
- SUZUKI, Tatsujiro, *Energy Security and the Role of Nuclear Power in Japan*, 22, [http://www.nautilus.org/energy/eaef/Reg\\_Japan\\_final.pdf](http://www.nautilus.org/energy/eaef/Reg_Japan_final.pdf)
- SUZUKI, Tatsujiro et al., *A Framework for Energy Security Analysis and Application to a Case Study of Japan*, Berkeley, Nautilus Institute for Security and Sustainable Development, p. 25. [http://www.nautilus.org/pares/PARES\\_Synthesis\\_Report.pdf](http://www.nautilus.org/pares/PARES_Synthesis_Report.pdf)
- TABUSA, Keiko, *Nuclear politics: Exploring the nexus between citizens' movements and public policy in Japan*, Nueva York, Columbia University, 1992.

- TAKAO, Yasuo, "Participatory Democracy in Japan's Decentralization Drive", en *Asian Survey*, vol. 38, núm. 10, octubre de 1998.
- THE ASAHI SHIMBUN, "Court Rules Monju Fast Reactor Unsafe", 28 de enero, 2003, <http://www.asahi.com/english/national/K2003012800361.html>
- THE JAPAN TIMES, "A gigant pump on the Pacific rim", 14 de febrero, 2001.
- , "Environment panel calls for carbon tax in 2005", 28 de agosto, 2003.
- , "German expert pushes renewable energy", 26 de febrero, 2004.
- , "German politician promotes solar energy", 15 de mayo, 2003.
- , "Honda fuel cell can start at subzero temperatures", 11 de octubre, 2003, *The Japan Times*, "Honda fuel cell overcomes the cold", 27 de febrero, 2004.
- , "Japan, China spar over oil development in Siberia", 28 de agosto, 2003.
- , "Japan ignores U. S. pressure, will develop Iranian oil field", 20 de febrero, 2004.
- , "Sekisui Chemical touts energy-efficient homes", 16 de abril, 2003.
- , "Shipments of low-emission vehicles soar", 12 de octubre, 2002.
- , "Tepco hurt by fallout from nuclear reactor closures", 19 de noviembre, 2003. <http://www.japantimes.co.jp/cgi-bin/getarticle.pl5?nb20031119a5.htm>