



Desafíos Ambientales de la Energía Nuclear

Lic. Agustina Puig - Lic. Verónica Cipolatti
AI 011 / 2011
Derechos Humanos y Ambiente
13 de junio de 2011

Grupo de Estudios Internacionales Contemporáneos



ISSN 1853 – 1873
info@geic.com.ar
www.geic.com.ar
Grupo de Estudios Internacionales Contemporáneos

RESUMEN

La producción de energía nuclear es un fenómeno en crecimiento. Las centrales nucleares aportan ya alrededor del 17% del total de la electricidad en el mundo y se muestra como una alternativa a las energías contaminantes de combustión fósil como el petróleo o gas. Sin embargo, las cuestiones ambientales representan hoy un desafío para continuar el desarrollo nuclear pacífico. El objeto del presente trabajo es explicar cómo la energía atómica se ha convertido en una alternativa a la matriz actual y responder a una cuestión clave: ¿Es una alternativa sostenible y ambientalmente viable?

GRUPO DE ESTUDIOS INTERNACIONALES CONTEMPORÁNEOS

Desafíos Ambientales de la Energía Nuclear

Agustina Puig¹ y Verónica Cipolatti²

1- Cuestiones Básicas de la Energía Nuclear

Un poco de Historia

El desarrollo nuclear mundial tiene su primera etapa a finales del siglo XIX, en la cual se realizan una gran cantidad de descubrimientos científicos necesarios para llevar adelante uno de los procesos más importantes dentro de la rama de la Física: la fisión nuclear. Ésta, se define como una reacción nuclear que tiene lugar por la rotura de un núcleo pesado al ser bombardeado por neutrones con cierta velocidad. A raíz de esta división, el núcleo se separa en dos fragmentos acompañado de una emisión de radiación, liberación de 2 ó 3 nuevos neutrones y de una gran cantidad de energía (Comisión Chilena de Energía Nuclear 2009).

En el año 1939, comienza a gestarse en Europa un nuevo acontecimiento que adquirirá un grado de trascendencia a nivel internacional: la Segunda Guerra Mundial, en donde los Estados adoptaron una política de secreto respecto a los conocimientos alcanzados en materia nuclear, comúnmente conocida como "the policy of denials" (Goldschmidt 1969). En 1945, fecha en que finaliza el enfrentamiento militar, Estados Unidos realiza las explosiones atómicas sobre las ciudades japonesas de Hiroshima y Nagasaki. Este hecho puntual, hace que la Comunidad Internacional preste atención al uso de la energía atómica para la fabricación de armamento militar y los peligros que esto representaba.

En 1953, Estados Unidos lleva adelante la puesta en marcha del Programa "Átomos para la paz" cuya propuesta principal, fue la creación de un organismo de carácter internacional que actuara como banco para materiales y radioisótopos con aplicación en la agricultura, medicina, industria e investigación científica, entre otros campos (Martin 2008). Detrás de la creación de dicho organismo, el Gobierno de Washington buscaba impedir que aumentara el número de Estados que pudiesen adquirir capacidad nuclear por sus propios medios, lo que comúnmente se denomina, proliferación horizontal de armamentos nucleares (Martin 2008).

¹ La autora es Licenciada en Relaciones Internacionales (UES21).

² La autora es Oficial de Proyecto sobre Derechos de Acceso, Programa Gobernabilidad Global, para el Centro de Derechos Humanos y Ambiente (CEDHA), Córdoba, Argentina.

Es así como se inicia una nueva etapa caracterizada por la liberalización y accesibilidad de la información técnica, en donde se fomentaba la importancia del uso pacífico de este recurso, dejando relegadas sus aplicaciones militares. A partir de este momento, comienza el desarrollo de centrales de energía nuclear en todo el mundo con el objeto de acompañar la creciente industrialización, producción y consumo global, en constante auge.

Escenario Energético: La Escasez de Petróleo

Desde comienzos del siglo XX se han llevado a cabo una serie de innovaciones tecnológicas a nivel mundial que se reflejan en una nueva sociedad en pleno crecimiento, más industrializada y con crecientes aumentos en las tasas de urbanización. Es aquí, donde los combustibles fósiles, fundamentalmente petróleo y gas, comienzan a transformarse en la base de la matriz energética actual.

Para poder solventar dicho crecimiento se genera un proceso de extracción de combustibles en donde el petróleo se convirtió en la principal fuente y motor para el funcionamiento del mundo industrial-urbano-metropolitano. Como consecuencia de la extracción intensa de petróleo durante tantos años, se observa hoy cómo se ha llegado a una situación de relativa escasez de dicho recurso derivado de un aumento en el consumo cada vez mayor.

A lo largo de varias décadas, la comunidad científica ha estudiado e investigado respecto a este escenario alarmante. Fue en la década de los años 50 cuando el geofísico y geólogo, M.King Hubbert establece una teoría que predice que la producción de petróleo de Estados Unidos alcanzaría un pico máximo durante los 70. En este sentido, Hubbert elabora un modelo en el que estima un aumento de la extracción de petróleo hasta llegar a un pico o cénit, seguido de una progresiva declinación llegando a su agotamiento final (Molina 2010).

La tendencia actual aumenta hasta llegar al año 2000, en donde la capacidad de extracción alcanza su punto máximo en más de 15 billones de barriles aproximadamente. Un punto llamativo es entender porqué el punto máximo se encuentra en el año 2000, si Hubbert había pronosticado como fecha indicada, los años 70. En aras de encontrar una respuesta lógica, se recordarán sucesos que se desataron posteriormente a las predicciones científicas.

Tanto la crisis de 1973, como la de 1979, tuvieron una gran importancia a la hora de establecer el consumo de hidrocarburos a nivel mundial. Todo comenzó en el año

1973 cuando, como consecuencia de la guerra del Yom Kippur, los países árabes, representados en el cartel de la OPEP, deciden no exportar más petróleo a aquellos Estados que habían apoyado a Israel en la contienda. De esta forma, quedó al descubierto la enorme dependencia externa de los países occidentales y desarrollados respecto a su abastecimiento energético. Ya en 1979, un suceso de relativa importancia volvió a sacudir al mercado petrolero: la revolución islámica de Irán. Con la caída del Sha de Persia y el ascenso de Ayatolá Jomeini, la producción mundial descendió un 4%, al tiempo que el precio del crudo creció rápidamente, debido a la inestabilidad política en la región.

Se observa así cómo ambas crisis energéticas repercutieron en la producción, precio y posterior consumo del petróleo por parte de los países más industrializados, denotando un gran nivel de dependencia. Al mismo tiempo, es notorio cómo el abastecimiento de crudo se encuentra en estrecha relación con acontecimientos políticos, sociales y económicos sucedidos en regiones determinadas como Medio Oriente (Ecología Verde 2010).

Es evidente que los descubrimientos de pozos petroleros no son suficientes para satisfacer una demanda en continuo crecimiento, lo cual obligaría a pensar en fuentes alternativas de energía. Además de ser el recurso primordial para el abastecimiento energético, el petróleo posee innumerables usos ya sea para el transporte, fertilizantes, plásticos y otros derivados como productos medicinales, textiles, que forman parte de la vida cotidiana de los seres humanos. Por ello, las principales consecuencias pueden llegar a ser (Cenit del Petróleo 2010):

- *Alimentarias*: como consecuencia de la falta de petróleo necesario para el transporte de materias primas hacia los centros urbanos.
- *De suministro y consumo*: en relación a la producción y precio de productos derivados del crudo.
- *Geopolíticas*: derivadas de la lucha entre Estados por la obtención de recursos.
- *Medio ambientales*: debido a la sustitución de petróleo por carbón, y el potencial daño producido al ambiente.

Una de las consecuencias directas frente al contexto de escasez de hidrocarburos, es la repercusión en el aprovisionamiento de los Estados, que los conduce a plantear la certera posibilidad de nuevas fuentes de energía que permitan mantener el suministro acorde con sus necesidades energéticas. Quien se encuentra en la vanguardia de esta

tendencia es Francia, cuya preocupación primordial reside en la construcción y puesta en funcionamiento de centrales nucleares a lo largo de su territorio, llegando al punto de representar el 78% en su abastecimiento energético.

Paralelamente a los países desarrollados que buscan mantener el nivel de su abastecimiento, se encuentran aquellos en vías de desarrollo; economías emergentes como las de India y China que buscan crecer y consolidarse como nuevos actores en el sistema internacional. Por lo tanto, la energía se transforma en una herramienta primordial para alcanzar sus aspiraciones regionales. Generalmente esta clase de Estados necesitan realizar un cambio trascendental en su estructura económica, pasando de poseer economías primarias a otras más desarrolladas, industrializadas con un alto grado de integración. Por lo tanto, ante el desabastecimiento de petróleo, estos actores investigan nuevas opciones, más viables y económicas que permitan de igual manera, llevar a cabo su desarrollo nacional. Una alternativa que resulta cada vez más tentadora es el uso de la energía nuclear destinado a la generación de energía eléctrica.

Usos, Ventajas y Desventajas de la Alternativa Nuclear

Para seguir indagando sobre la energía nuclear y sus diversos usos, es preciso conocer las aplicaciones que hacen de ella un recurso cada vez más valorado. Cuando se habla de industria atómica, se refiere a las actividades que se engloban dentro de dos grandes ramas.

En primer lugar, en relación al uso civil, existen dos áreas de relativa importancia. Por un lado, la energía nuclear es utilizada para el abastecimiento energético y generación de electricidad de los Estados, mientras que, al mismo tiempo, son cada vez más conocidas las funciones que cumple en la industria de la ingeniería y la medicina. Un claro ejemplo es la importancia que han adquirido en los últimos años los avances en materia de tratamientos médicos basados en radioterapia y radiodiagnóstico permitiendo un desarrollo integral de la tecnología médica.

En segundo lugar, como ya es sabido, la energía atómica posee un perfil militar basado en la creación de sistemas de armas de destrucción masiva. Por lo tanto, es posible distinguir una doble faceta de la tecnología nuclear; por un lado, es una herramienta que permite el crecimiento de las economías, mientras que su desarrollo habilita a los Estados para la creación y puesta en marcha de dispositivos militares que amenazan la seguridad internacional (Recana 2006).

Es importante resaltar que ambos usos se encuentran relacionados entre sí, ya que la idea de poseer la tecnología para el uso pacífico implica poseer la capacidad de desarrollo de armamento con su consiguiente involucramiento en la participación de los esquemas de poder existentes en el mundo (Recana 2006).

Luego de la ratificación del Tratado de No Proliferación, quedó al descubierto un sistema desigual, en donde sólo unos pocos Estados tienen el privilegio de poseer armas atómicas y ser miembro del selecto club nuclear. Debido a la estrecha relación mencionada anteriormente, muchos Estados quedan expuestos al control internacional debido al peligro que representa pasar el límite estrictamente civil hacia la creación de dispositivos militares.

Considerando los múltiples usos que tiene este tipo de energía y su importancia como nueva opción energética, a continuación se esbozarán ciertos beneficios y desventajas que posee en relación a otras fuentes alternativas.

En primer lugar, una de sus ventajas es la baja probabilidad de que actualmente ocurra un accidente nuclear. Si bien todavía están presentes los desastres ocurridos en Chernobyl y recientemente en Japón, son muchos quienes afirman que el riesgo de perder la vida en un accidente dentro de una central nuclear es mil veces inferior a perderla en cualquier otra situación accidental. Documentos recientes publicados por el OIEA, expresan que las centrales en construcción han de ser mejores y cien veces más seguras que las que se encuentran en actual funcionamiento, haciendo de la actividad nuclear, una energía económica pero sobre todo mucho más segura y confiable.

Otra ventaja a destacar es la cantidad de usos y aplicaciones civiles que posee. Día a día, son más los beneficios derivados de este perfil multifacético que permite el desarrollo de alta tecnología utilizada en diversas áreas de la medicina, ingeniería, etc. Si bien este campo no se encuentra explorado plenamente, cada vez son más los profesionales y centros de investigación destinados a su uso.

Finalmente, además de contar con un amplio espectro de aplicaciones, otro punto que ha cobrado relativa trascendencia es la ventaja económica que permite a países en vías de desarrollo adquirir avances nucleares. Por ejemplo, otras fuentes de energía como la eólica o solar, en tanto no producen daños al medio ambiente, sus costos de producción son relativamente mayores, lo cual deja de ser una alternativa viable.

Por otro lado, se deben tener en cuenta aquellas debilidades que hacen de la actividad atómica algo poco confiable. El primer punto se encuentra relacionado con la tecnología nuclear; cuando los países alcanzan cierta capacidad nuclear civil, no requieren de muchas más herramientas para desarrollar dispositivos militares. Esta

situación plantea un escenario amenazante, ya que de esta forma, cualquier Estado puede alcanzar este nivel sin la necesidad de verse comprometido legalmente.

En estrecha relación se encuentra otro punto que en la actualidad se sitúa en el centro de la mirada internacional: el terrorismo nuclear. A partir de este nuevo siglo y más precisamente tras los atentados del 11-S, este fenómeno se convirtió en la preocupación fundamental de la comunidad internacional. Resulta una potencial amenaza saber que grupos o células terroristas puedan fabricar o acceder a este tipo de tecnología, por lo que es preciso controlar esta situación a través de la firma de tratados que prohíban y regulen la proliferación nuclear.

2- El Dilema Medioambiental de la Energía Nuclear

"The environmental impacts of the nuclear power industry are generally similar in nature to those of the fossil fuel power industry. However, a dominant concern in the nuclear power industry is with radioactive releases and their effects on the biosphere, especially on human health"³.

Para abordar y comprender de manera íntegra el impacto ambiental de la producción de Energía Nuclear, se necesita contemplar la totalidad del proceso productivo. Éste abarca la extracción del mineral necesario (Uranio), su procesamiento y finalmente la administración de los residuos resultantes de la producción. En este apartado se describirá el proceso de producción de Energía Nuclear y, en paralelo, los efectos de éste sobre los recursos naturales en las diversas etapas.

El proceso de extracción de Uranio

El uranio puro es la materia prima necesaria para producir energía atómica. Este mineral se encuentra en estado natural y debe extraerse mediante la minería y procesarse para su utilización. El uranio en estado natural se compone de dos isótopos principales - el uranio-238 (238 U) con 238 neutrones en su núcleo, y el uranio-235 (235 U) con 235 neutrones. Este último, es el necesario para reactores nucleares o armas nucleares, debido a su capacidad de fisión o se separaron y de liberar grandes cantidades de energía en el proceso (Mudd 2006). El uranio natural se compone de 99,3% 238 U y cerca de 0.7% 235 U.

³ Ahmed, J.U. y Daw, H.T. Environmental Impacts of the Production and Use of Nuclear Energy: A Summary of the United Nations Environment Programme Study. Consulta 20/04/11. Disponible en: <http://www.iaea.org/Publications/Magazines/Bulletin/Bull222/22204742329.pdf>

El uranio se extrae mediante técnicas tradicionales (como minas a cielo abierto o minas subterráneas) o bien por medio de 'la lixiviación in situ'⁴, también conocida como la minería solución (Mudd 2006). Una vez que el mineral se desentierra es molido y, finalmente, se extrae químicamente a través de procesos convencionales como la lixiviación con ácido o alcalino.

Los impactos ambientales de la minería del uranio incluyen los impactos tradicionales asociados con la minería de oro y cobre, así como otros impactos radiológicos particulares de la actividad. Dependiendo del tipo de depósito y el método de la minería, el medio ambiente sufre de impactos asociados a la gestión de residuos sólidos, la gestión del agua y los productos químicos y las emisiones de resultantes de la molienda (Mudd 2006).

En los procedimientos minería a cielo abierto, roca estéril se excava para acceder al mineral. Gran parte de esta roca de desecho también contienen cantidades bajas (no rentables) de uranio. Cuando permanecen inalteradas, esta roca es estable, sin embargo, el proceso de la minería aumenta las grietas presentes y permite que el agua y el oxígeno (en conjunto con el mineral radioactivo) se difundan en los residuos (Mudd 2006). Así, se disuelve la mayor parte de los metales pesados presentes éstos, permitiendo que se filtre en el ambiente circundante. De esta manera, los recursos de agua y la biodiversidad en general se ven altamente afectadas.

En cuanto al Lixiviado (el proceso químico por el cual se extrae el uranio puro), los efectos son aún mayores. Este lixiviado, conocido como drenaje ácido de minas (AMD), es extremadamente tóxico para los ecosistemas acuáticos y provoca un gran impacto en el medio ambiente a largo plazo (Mudd 2006). El AMD es un problema importante en la extracción de muchos metales, pero presenta un inconveniente adicional cuando se combina con la minería de uranio. A su vez, este proceso libera gases que contribuyen a las emisiones de GEI (Gases de efecto Invernadero), causa principal del Cambio Climático⁵.

También, se encuentra el peligro de la actividad misma. La liberación de radiactividad de las minas de uranio procede de relaves (mineral de baja ley) y, en menor medida, gestión del agua dentro del proceso. La versión principal es la de radón

⁴ Para la lixiviación in situ, el ácido o alcalino es inyectado directamente en la zona de mineral y se bombea de nuevo a la superficie (no mineral excavado). Después de la lixiviación del mineral, el uranio se concentra aún más el uso disolvente de extracción o de intercambio iónico, seguida de la precipitación química de amoníaco con óxido impuro (este producto es "pastel amarillo"). Por último, la torta amarilla se calienta a alta temperatura para eliminar el amoníaco y dejar relativamente óxido de uranio puro.

⁵ Las emisiones de efecto invernadero correspondientes de las gamas de dióxido de carbono de 8,5 a 5 t CO₂/ t U₃O₈

(un gas noble que es un producto de desintegración radiactiva del uranio). El radón tiene un alto índice de radiactividad por unidad de masa, y está implicada en los cánceres de pulmón y problemas de salud a largo plazo (Mudd 2006).

Finalmente, la gestión prolongada de los relaves de uranio presenta un reto ambiental más importante. Teniendo en cuenta que los relaves contienen la mayor parte de la radiactividad original del mineral, deben estar aislados del medio ambiente por períodos de al menos decenas de miles de años, un plazo que va más allá la experiencia humana colectiva y, ciertamente, uno de los retos de la ingeniería para la contención de residuos (Mudd 2006).

Produciendo Energía Nuclear

La energía nuclear se caracteriza por la gran cantidad de energía disponible a partir de una cantidad muy pequeña de combustible. La suma de residuos también es relativamente pequeña. Sin embargo, gran parte de los residuos son radiactivos y por lo tanto deben ser cuidadosamente manejados como residuos peligrosos (World Nuclear Association 2011).

Con respecto al medio ambiente, es sabido que su producción no emana gases contaminantes, como el dióxido de carbono, responsable del calentamiento global. En este sentido, se considera una "energía limpia" frente a los efectos nocivos generados por el petróleo y el carbón. La creciente utilización de energía nucleoelectrónica desde el decenio de 1960, sumada a los aumentos constantes del aprovechamiento de la energía hidroeléctrica han ayudado a frenar la producción mundial de dióxido de carbono⁶ (Comisión Chilena de Energía Nuclear 2011).

Sin embargo, la preocupación ambiental (y humana) central de la producción de este tipo de energía se asocia con el manejo de los residuos radioactivos, altamente peligrosos para la biosfera y las personas que la habitan. La peligrosidad de éstos varía de acuerdo al tipo de radiactividad que posean, la cual surge naturalmente de la descomposición de formas particulares de algunos elementos, llamados isótopos. Hay tres tipos de radiación para tener en cuenta: alfa, beta y gamma⁷ (World Nuclear Association 2011). Cualquiera o todas ellas pueden estar presentes en cualquier clasificación de los residuos⁸.

⁶ Si la energía eléctrica de origen nuclear generada anualmente en el mundo fuese producida por centrales de carbón, de emisiones adicionales se originarían 1600 millones de toneladas de CO₂.

⁷ Un cuarto tipo, la radiación de neutrones, por lo general sólo se produce dentro de un reactor nuclear.

⁸ La radiación alfa no puede penetrar la piel y puede ser bloqueado por una hoja de papel, pero es peligrosa en el pulmón. La radiación beta pueden penetrar en el cuerpo, pero puede ser bloqueado por

Los desechos radiactivos comprenden una gran variedad de materiales que requieren diferentes tipos de manejo para proteger a las personas y al ambiente. Normalmente se clasifican como de bajo nivel, de nivel medio y desechos de alto nivel, de acuerdo a la cantidad y tipos de radiactividad en ellos. Sin embargo, es cuando el uranio se utiliza en el reactor que cantidades significativas de desechos altamente radiactivos se crean (World Nuclear Association 2011).

Cerca de 27 toneladas de combustible usado se toma cada año desde el núcleo de un reactor nuclear de 1000 MWe. Este combustible puede ser considerado totalmente como residuos, como el 40% de la producción mundial en EE.UU. y Canadá, o puede ser reprocesado como en Europa y Japón (World Nuclear Association 2011). Los estanques de concreto y el agua que cubre los elementos de combustible ofrecen protección contra las radiaciones, mientras se quita el calor generado durante la desintegración radiactiva (World Nuclear Association 2011).

Si no se recicla el uso de combustible, existe gran cantidad de residuo peligroso que administrar. Si el combustible utilizado es posteriormente reprocesado, se disuelve y se separa químicamente en uranio, plutonio y soluciones de alto nivel de residuos. Alrededor del 97% del combustible usado puede ser reciclado dejando sólo el 3% de residuos de alto nivel (World Nuclear Association 2011). Cualquiera sea la cantidad final de restos radioactivos generada, su administración y disposición final representan el reto ambiental más importante de ciclo productivo.

La disposición final de residuos de alto nivel se retrasa por 40 a 50 años para permitir que su radiactividad descienda. Después de este período, una milésima parte de su radiactividad inicial se mantiene, y es mucho más fácil de manejar (World Nuclear Association 2011). Por lo tanto, botes de residuos vitrificados, se guardan bajo el agua en estanques especiales, o en estructuras de hormigón seco o barriles, por lo menos durante este período de tiempo. Aun así, sólo luego de 1000 años la mayoría de la radiactividad se habría deteriorado.

Mientras este "período de espera" se desarrolla, existen riesgos de que el material dispuesto, altamente radioactivo, se libere. Este material afectaría por generaciones enteras tanto al ambiente y sus recursos esenciales como a la vida de las personas que habitan la zona.

una hoja de papel de aluminio. La radiación gamma puede ir a la derecha a través del cuerpo y requiere de varios centímetros de plomo o de concreto, o un metro de agua, para bloquearla.

3- ¿Es la Energía Nuclear una alternativa sostenible a las Energías Fósiles?

La Comunidad Internacional, a través del desarrollo de diversas herramientas de protección del ambiente y la lucha contra el cambio climático, ha manifestado la necesidad de comenzar el traspaso desde una matriz energética altamente contaminante, a base de energías fósiles y agotables (Petróleo y Gas), hacia una de producción sostenible y renovable. Esta migración de una matriz a otra, representa grandes desafíos políticos y económicos para los Estados, sobretodo en relación a las diferencias en las capacidades de países ricos y pobres. En este contexto, ¿representa la energía nuclear una alternativa?

Las centrales nucleares aportan ya alrededor del 17% del total de la electricidad en el mundo. Prácticamente no producen emisiones de dióxido de carbono y su rendimiento es altamente más efectivo que las energías de combustible fósil. Al menos cinco países, entre los que se cuentan Francia, Suecia y Bélgica, obtienen más del 50% de sus suministros totales de electricidad de la energía nucleoelectrica, mientras otros diez producen en centrales nucleares el 30% o más de sus suministros totales (Comisión Chilena de Energía Atómica 2011). Paralelamente, varios Países en Desarrollo (entre ellos Argentina) tienen centrales nucleares en servicio.

Sin embargo, hay que considerar las características de este tipo de energía. Si bien se presenta normalmente como una "energía alternativa", en el sentido de que representa una matriz diferenciada a la actual, no es una energía renovable. La materia prima esencial es el uranio, un mineral que presenta las mismas características del petróleo y gas, es decir se agotarán en los próximos años. Por lo tanto, la alternativa nuclear podría considerarse en este sentido una "solución de mediano plazo".

En adición, se encuentra el dilema ambiental. Normalmente se considera la producción de energía nucleoelectrica como "limpia" debido a las bajas emisiones. No obstante, se debe tener en cuenta toda la cadena de producción si se quiere evaluar el impacto ambiental de ésta. En esta evaluación más completa (incluyendo la minería de extracción de uranio), se descubre que las emisiones de CO₂ y otros gases que contribuyen al calentamiento global se encuentran presentes, además de la alta peligrosidad para la vida humana que posee la radioactividad en los residuos tanto de la minería como la producción dentro de las centrales nucleares. A esta realidad, se debe agregar que el peligro ambiental máximo se da en los recursos de agua, fundamentales para el desarrollo de la vida en nuestro planeta. Si bien los impactos

pueden ser aminorados, en la medida que el desarrollo de la tecnología sustentable avance, hoy no se puede considerar a la energía nuclear como sostenible.

El sistema internacional se encuentra en un proceso de cambio en las reglas de juego. En materia energética, esto implica el reconocimiento de que el modelo actual es obsoleto y la necesidad de generar la tecnología necesaria para satisfacer las necesidades de manera sustentable para el ambiente. Aquí, la energía atómica (su gran desarrollo a lo largo de los últimos años), se presenta como una salida a la crisis de abastecimiento debido a su competitividad económica. Con todo, deben considerarse las limitaciones en relación a la materia prima no renovable utilizada y a la no sostenibilidad del proceso productivo. Si se pretende solucionar la crisis, la migración de la matriz energética debe basarse en el desarrollo de energías alternativas sustentables y renovables.



BIBLIOGRAFÍA

Ahmed, J.U. y Daw, H.T. Environmental Impacts of the Production and Use of Nuclear Energy: A Summary of the United Nations Environment Programme Study. (Consultado 20/04/11).

Disponible en:

<http://www.iaea.org/Publications/Magazines/Bulletin/Bull222/22204742329.pdf>

Cenit del Petróleo. Disponible en: <http://www.cenit-del-petroleo.com/>

Comisión chilena de energía nuclear. Disponible en:

http://www.cchen.cl/index.php?option=com_content&task=view&id=128&Itemid=77

Ecología Verde. Disponible en: <http://www.ecologiaverde.com/wp-content/2008/07/pico-hubbert.png>

Goldschmidt, B. (1969), *Las rivalidades atómicas: 1939 – 1968*, Sección de Publicaciones de la Junta Española de Energía Nuclear (JEN). Madrid.

Martin H. R. (2008), "Desarrollo Histórico de la Política Nuclear Internacional", Seminario sobre Política Nuclear Argentina y Relaciones Internacionales, Universidad Católica de Córdoba.

Medín Molina, J., "Modelo del pico de Hubbert: elementos para una reconstrucción sistemodinámica", Disponible en:

<http://136.145.236.36/isdweb/pagina%20web/Modelos/Modelo%20petr%C3%B3leo/Problema%20de%20Hubbert.pdf>

Mudd, G. M., "Uranium Mining: Australia and Globally", Disponible en:

<http://www.energyscience.org.au/FS06%20Uranium%20Mining.pdf>

Racana R. (2006), "Definir la estrategia de la actividad nuclear", ` *Revista del Consejo de Seguridad Nuclear*, N°38, Primer trimestre, Disponible en:

http://www.csn.es/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=72&Itemid=157&lang=es

Reaching Critical Will. "Uranium Mining", Disponible en:

<http://www.reachingcriticalwill.org/resources/edkit/21uramine.pdf>