

Documento de trabajo

ENERGÍA NUCLEAR EN URUGUAY: POSTURAS, ARGUMENTOS Y ASPECTOS VINCULADOS A LA TEMÁTICA

Elaborado por el Comité Organizador y revisado por el Comité Asesor del Proyecto
Juicio Ciudadano sobre Energía Nuclear en Uruguay

Agosto 2010

Este documento tiene como objetivo ofrecer material informativo y contextualizado sobre la temática del uso de la energía nuclear, particularmente sobre las consideraciones que se han hecho hasta ahora en Uruguay en vistas de la posibilidad, que se estudia en esfera técnico-política, de que el país cuente con una planta de generación de energía nucleoelectrónica.

INTRODUCCIÓN

En un escenario internacional de altos precios del petróleo y un consumo energético cada vez mayor, vinculado en muchos casos con problemáticas globales tan apremiantes y reconocidas como el cambio climático, los gobiernos se plantean la actualización de sus matrices energéticas y la utilización de otras fuentes de energías, en particular para la producción de electricidad. Se trata de una temática vinculada a aspectos tan trascendentes como los modelos de desarrollo de un país y la sustentabilidad. Es en este contexto que la energía nuclear se coloca en el tapete de la deliberación nacional.

Desde el comienzo de su utilización para fines energéticos la energía nuclear ha despertado controversias y rechazo generalizado de la gran mayoría de los grupos ambientalistas y anti-nucleares. Una de las ventajas a las que se apela para argumentar a favor de la energía nuclear es que no se liberan gases de efecto invernadero en el proceso de generación de energía. Es por esto que algunas voces vinculadas al ambientalismo defienden la opción nuclear por considerarla esencial para combatir el cambio climático en el corto plazo. Aunque comparativamente se trata de pocos grupos, cabe mencionarlo aquí dado que este hecho ha sido utilizado frecuentemente como argumento favorable por los defensores de la opción nuclear. El proceso de fisión sin embargo tiene el gran inconveniente de generar residuos radioactivos que hay que gestionar sabiendo que serán activos miles de años. Además, la posibilidad de accidentes, y los riesgos potenciales de los mismos, necesariamente están incorporados al debate.

A partir de la disposición del gobierno a comenzar a pensar en esta posibilidad, se creó una comisión multipartidaria para el estudio de la utilización de la energía nuclear en Uruguay. La Red Uruguaya de ONGs Ambientalistas por su parte ya ha hecho manifiesta su oposición a la instalación de una planta nuclear.

Se trata de un tema que trasciende ampliamente al ámbito científico y que convoca aspectos culturales, sociales, políticos, económicos, ambientales, éticos. Y por ello es necesario dar voz a la sociedad. Cuanto más plural sea el proceso y la convocatoria a

la reflexión y opinión, más precisas y democráticas serán las consideraciones que se manejen en torno a este tema.

Los Juicios Ciudadanos (también llamados Conferencias de Consenso) son mecanismos de participación pública en ciencia y tecnología que se consideran una herramienta de deliberación ciudadana y una forma de fomentar la comprensión pública de la problemática y de todos los matices que hacen compleja a la decisión final.

En este documento intentaremos reflejar todos los aspectos relacionados a una posible decisión que tenga que tomar el país. A partir de esta información el jurado ciudadano podrá comenzar el proceso de indagación. Se plantean aquí muchos argumentos y sus respectivos contra-argumentos que reflejan la complejidad del tema y el desafío de poder valorar y ponderar la importancia de los mismos.

1. MATRIZ ENERGÉTICA

Breve panorama energético mundial

El consumo y demanda energética global se ha multiplicado desde la revolución industrial por 100 debido al aumento del consumo per cápita y al aumento poblacional. La expansión de la economía mundial, especialmente de los países emergentes, la inestabilidad política de los países productores y la escasez del propio petróleo (recurso limitado, no renovable, que se supone está alcanzando un pico máximo luego del cual decaerá rápidamente) provoca un aumento del precio del petróleo y sus derivados, y en consecuencia de los distintos energéticos. Se suma a este diagnóstico el reconocido incremento de las temperaturas globales (calentamiento global) causado por los gases de efecto invernadero principalmente provenientes de la quema de combustibles fósiles (ver cuadro 1).

Cuadro 1 – Efecto invernadero y cambio climático

¿Qué es el efecto invernadero? Parte del calor que llega del sol es absorbido por la Tierra y otra parte es disipada. Nuestra atmósfera tiene gases de efecto invernadero que se llaman así porque absorben el calor que refleja la Tierra y la tornan más caliente. Este es uno de los fenómenos que permiten la vida en este planeta. Sin embargo, la concentración de los gases de efecto invernadero ha aumentado desproporcionadamente a causa de la actividad humana, provocando un calentamiento de la Tierra que no es el natural. La actividad humana que más gases emite (principalmente CO₂) es la quema de combustibles fósiles (petróleo, carbón) para obtener energía.

Existe un consenso general en la comunidad científica en que el cambio climático provocado por la actividad humana está relacionado con la modificación acelerada de la composición de la atmósfera, debida a las emisiones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático lo define como un cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables. Ese «cambio» se explica por el calentamiento global detectado en las últimas décadas (aumento promedio de la temperatura de la atmósfera terrestre y de los océanos) y por cambios en otras variables climáticas, como los patrones de lluvias o la cobertura de nubes. Esto afecta de muchas maneras a los seres humanos y a la naturaleza. Algunos de los cambios climáticos son lentos (aumenta el deshielo y sube el nivel del mar), pero otros son precipitados: los fenómenos meteorológicos extremos son ahora más frecuentes y es probable que ocurran con mayor frecuencia en el futuro. Ejemplo de ello son las olas de calor que se dan más a menudo y con temperaturas más altas, las sequías que tienen lugar con mayor frecuencia, afectan a regiones más amplias y duran más, las lluvias y nevadas que se están tornando más fuertes y habituales, o las tormentas que se vuelven más intensas.

LA ENERGÍA ¹

La energía existe en estado natural en nuestro planeta, fundamentalmente como producto de la energía solar acumulada en el tiempo, de diversas formas. Para poder utilizar esta *energía primaria*, el ser humano tiene que transformarla desde su estado natural a un estado aprovechable. Esto es lo que se conoce como "generación de energía". Las distintas formas de generar energía no son igualmente eficientes. Esto quiere decir que no todas ellas logran que toda la energía primaria se transforme en energía final aprovechable. Las fuentes de energía primaria que existen en el mundo son abundantes, pero todas plantean diversas consideraciones a la hora de establecer la conveniencia para su extracción y uso. La decisión sobre cuáles fuentes son las más adecuadas implica un balance entre varios factores tales como las características locales de cada país, el costo de la extracción de la energía, el rendimiento, la confiabilidad del abastecimiento, el impacto ambiental, el porcentaje de aporte a la matriz, la seguridad de cada fuente, y los factores logísticos asociados: transporte, almacenamiento, etc. También depende de la demanda, los usos finales de la energía, en otras palabras: energía para qué.

Ese balance redunda en la MATRIZ ENERGÉTICA de un país, o sea, la configuración energética actual o proyectada para una nación. La matriz energética (o balance energético) "*sintetiza la información anual sobre oferta y demanda de energía a nivel nacional, desagregada por fuente y sector de consumo*" (Dirección Nacional de Energía y Tecnología Nuclear: Balances Energéticos (1965 - 2005) disponibles en: www.miem.gub.uy. En el caso de Uruguay, la Dirección Nacional de Energía (DNETN) elabora y publica anualmente el Balance Energético Nacional, contándose con información desde el año 1965.

La energía primaria se divide en dos grandes tipos: renovable (que no se agota en su estado natural) y no renovable (que se agota en su estado natural). Actualmente las energías no renovables (fósiles – petróleo, carbón, gas natural, y nuclear) aportan aproximadamente el 90% de la energía primaria que se consume en el mundo. Dentro de las energías renovables encontramos las naturales (directamente disponibles en la naturaleza como la energía hidroeléctrica, la solar, eólica y la geotérmica) y las sustentables (basadas en biomasa o residuos industriales).

No toda la energía se destina a la generación de electricidad (ver cuadro 2); las fuentes de energía se utilizan con fines variados (transporte, calefacción, etc.), entre ellos la generación de electricidad.

¹ Los datos de esta sección (salvo que se especifique otra fuente) están basados en el Informe final de la consultoría sobre Energía a cargo de Ramón Méndez Galain, en el marco del Plan Estratégico Nacional en Ciencia, Tecnología e Innovación, ANII, Febrero 2008 (adjunto). Algunos de ellos se han actualizado con el aporte del Comité Asesor de este proyecto.

Cuadro 2 - Qué es y cómo se genera la electricidad

La electricidad es un "vehículo" que transporta energía desde una fuente productora a su destino para ser consumida. En la mayoría de los casos, la generación de energía eléctrica se logra mediante el movimiento de turbinas. Las diferentes fuentes de energía logran esto de diversas formas, algunas moviendo de forma directa las turbinas (hidroeléctrica, eólica) y en otros calentando agua a altas presiones lo cual a su vez mueve las turbinas (térmica, geotérmica, nuclear). La excepción se da en casos como el de la energía fotovoltaica en que los paneles solares transforman directamente la radiación solar en electricidad.

Fuentes de energía

Hay distintos tipos de fuentes energéticas que se clasifican según sus características. Una primera división establece dos grandes grupos, las energías no renovables, y las renovables. Las primeras utilizan, como fuente, recursos que por ser limitados se agotan en su estado natural. En cambio, las segundas, utilizan como fuente recursos que se renuevan (energías sustentables) o son ilimitados (energías naturales) y por lo tanto no se agotan en su estado natural.

1. Energías no renovables

Dentro de éstas encontramos dos grandes grupos: las fuentes fósiles, y la energía nuclear. Las fuentes fósiles consisten en restos de materia viviente (de origen animal y vegetal) que se han ido acumulando y descomponiendo durante millones de años en ciertas condiciones de presión y temperatura. La extracción intensiva de este material en un período corto de tiempo hace que su abundancia haya ido disminuyendo rápidamente. En el caso de la energía nuclear, se la considera no renovable ya que utiliza como combustible un elemento natural limitado: el uranio.

- Fuentes fósiles

Todos los procesos basados en la quema de combustibles fósiles son fuertes emisores de CO₂, uno de los principales gases que causa el efecto invernadero y consecuente calentamiento global. Aunque el gas natural (metano) es un potente gas de efecto invernadero, es posible en algunos casos disminuir su impacto quemándolo en vez de permitir su liberación directa a la atmósfera. Esta posibilidad existe cuando su liberación es causada por la acción humana como por ejemplo a través de prácticas ganaderas o como subproducto de la producción de petróleo (Gore, 2010²). Sin embargo el metano se libera a la atmósfera en ciertos ambientes naturales como los pantanos, sin que se pueda disminuir su impacto sobre el clima. La quema de carbón, además de contribuir considerablemente a las emisiones de CO₂, libera otros contaminantes al ambiente como óxidos de azufre o nitrógeno que pueden llegar a causar fenómenos como la lluvia ácida. Estos efectos se buscan minimizar con el desarrollo de nuevas tecnologías, que son utilizadas en pocos países debido a sus altos costos. Los precios del petróleo y sus derivados son, por su parte, inestables. Además, se considera que pronto se estará llegando a un pico máximo de extracción de petróleo (el llamado *peak oil*) luego del cual irá declinando la cantidad de producción de los

² Al Gore, Nuestra Elección. Año 2010. Editado por Océano.

yacimientos explotables. Esto tendría como consecuencia un aumento sostenido del precio de este combustible. Otras previsiones son más optimistas y señalan que habrá petróleo seguramente hasta 2030 y luego cabe la posibilidad de encontrar nuevos yacimientos (aunque más difíciles y costosos en términos de extracción) (Agencia Internacional de Energía –IEA- 2004).

Petróleo - Aporta el 35% de la energía primaria consumida en el mundo, principalmente para transporte (solamente el 10% de la electricidad mundial se genera con derivados del petróleo). En la región, Venezuela, Bolivia y Brasil cuentan con importantes reservas. En Argentina también hay petróleo aunque la falta de inversiones impacta en su explotación.

Gas natural - Aporta el 21% de la energía primaria mundial y produce el 15% de la electricidad mundial. Se calcula que las reservas alcanzan para unos 60 años. Se transporta principalmente por gasoductos o a través de un proceso de licuado, traslado en barcos y regasificación en destino. En la región existen yacimientos en Bolivia y Venezuela. Argentina, aunque tiene yacimientos, es un importador de gas por falta de inversiones.

Carbón - Aporta el 25% de la energía primaria mundial, y es la principal fuente de energía para producir electricidad en el mundo (39% de la electricidad mundial está basada en el carbón). Existen hoy tecnologías que minimizan la emisión de cenizas de las centrales térmicas que contaminan el aire localmente. También hay nuevas tecnologías de captura de carbono que disminuyen las emisiones de CO₂ pero aunque han sido probadas y testadas, no se han puesto en práctica a gran escala debido a los grandes costos energéticos que insumen (una central cada 3 o 4, debería dedicarse exclusivamente a aportar energía para la captura) y a las incertidumbres respecto a los depósitos subterráneos adecuados (Gore, 2010). Las reservas de carbón se calcula que alcanzan para unos 200 años. En la región, Brasil cuenta con importantes yacimientos.

El 80% (IEA, 2009³) del total de la oferta de energía primaria que se utiliza hoy proviene de alguna de estas tres fuentes primarias: petróleo, gas natural y carbón mineral. Todas ellas, como se mencionó, suman dióxido de carbono a la atmósfera.

- Energía Nuclear

La energía nuclear tiene como ventaja el no liberar gases de efecto invernadero durante el funcionamiento de los reactores nucleares. Es por esto que se ha presentado como una fuente de energía limpia, que puede responder a las necesidades globales de reducir las emisiones de carbono. Su estatus de "energía limpia" es controversial porque el concepto despreja la liberación de carbono que ocurre en otras fases del proceso de producción de energía, como la minería, el transporte de combustible, construcción de las centrales, transporte de residuos y desmantelamiento (aunque considerando todo el ciclo del combustible sigue siendo una de las que liberan menos CO₂). Presenta como desventajas, los altos costos y dificultades de construcción de las centrales, la limitada vida útil de las centrales en el entorno de los 40 a 60 años, el alto costo del cierre y desmontaje de la central similar a la construcción que duplica la magnitud de la inversión, la disposición de los residuos radiactivos que deben permanecer seguros durante varios miles de años, y el riesgo de

³ CO₂ emissions from fuel combustion disponible en <http://www.iea.org/co2highlights/CO2highlights.pdf>

accidente que se considera poco probable pero de alta capacidad de daño para el ambiente y la salud humana.

Aporta el 6% de la energía primaria del mundo y el 16% de la electricidad mundial. Luego del decaimiento de la industria como consecuencia del accidente de Chernobyl, la energía nuclear resurge en el marco de las discusiones sobre cambio climático dado que las centrales no emiten CO₂ en su funcionamiento. Su crecimiento actual es marcado en los países asiáticos. Finlandia está construyendo una nueva planta (con grandes sobrecostos y atrasos), y en EEUU se están estudiando numerosos pedidos. Se estima que como mínimo habría 80 años de abastecimiento de uranio, aunque se siguen descubriendo nuevos yacimientos y se estudian posibilidades de uso de otros combustibles como el torio (aunque no existen actualmente reactores que utilicen este combustible) del cual habría reservas durante varios miles de años.

2. Energías renovables

Dentro de las energías renovables existen dos grandes grupos, las naturales y las sustentables. Las naturales son fuentes inagotables de energía, como el viento, el agua y el sol. Las sustentables no son inagotables pero se pueden renovar a través de la intervención humana. Es el caso de la leña, la biomasa y otros cultivos energéticos. Además de ser renovables, estas fuentes de energía tienen como ventaja una liberación baja de gases efecto invernadero, aunque también presentan desventajas como veremos a continuación.

- Naturales

Las fuentes naturales de energía son variables por depender de condiciones ambientales, es decir que no aseguran un flujo sostenido de energía. Esto hace que se requiera una generación alternativa de respaldo para cuando las condiciones ambientales no son las propicias para generar energía. Aunque no liberan CO₂, o liberan muy poco, algunas pueden causar impactos ambientales a nivel local, por ejemplo alteraciones a los ecosistemas que impactan en la biodiversidad. Actualmente aportan pequeños porcentajes a la matriz energética mundial.

Hídrica - Aporta el 18% de la electricidad mundial y el 2% de la energía primaria consumida en el mundo. La totalidad de la energía hídrica se utiliza para la producción de electricidad. El costo de producción es relativamente bajo y no genera contaminación aunque sí provoca perturbaciones en su entorno natural. Es una fuente variable de energía, dado que su suministro depende de las lluvias.

Eólica - Es una fuente en importante crecimiento a nivel mundial aunque aún tiene un peso muy menor a escala mundial y de solamente 2% en la generación eléctrica del mundo. Su suministro también es variable al depender de los vientos, y en general tienen un bajo "factor de capacidad" definido como el número de horas en que generan energía a su máxima potencia. Ha sido criticada por el ruido que emiten las turbinas durante su funcionamiento y la mortandad que provocan a la avifauna local al chocar con las turbinas, aunque este último efecto es muy menor comparado con el que tienen por ejemplo los edificios, el tendido eléctrico, los automóviles o los plaguicidas (Gore, 2010).

Solar – En sus variantes más comunes se utiliza de dos maneras: solar térmica y fotovoltaica. En el primer caso, se capta su calor para calentar agua, disminuyendo la

cantidad de energía eléctrica que se utilizaría para esto. En el segundo, se utiliza para generar electricidad directamente con paneles solares fotovoltaicos. Esta última tecnología es aún muy cara y de bajo rendimiento, además de requerir amplios espacios de tierra donde colocar los paneles. Es por esto que se considera sustentable su uso en tierras no cultivables ya que de otro modo competiría con la producción de alimentos. Suele ser utilizada en los techos de edificios para abastecerlos de electricidad. Aunque en la actualidad aún existen pocas plantas construidas se espera un fuerte crecimiento de este tipo de generación.

Geotérmica – Se trata del calor que proviene de las profundidades del planeta. El volumen de energía geotérmica potencialmente disponible es prácticamente ilimitado. Tradicionalmente se ha explotado en zonas termales en que el calor proveniente del centro de la Tierra llega hasta la superficie pero es posible obtenerla en otros lados mediante excavación, estableciendo sistemas geotérmicos a grandes profundidades. El desarrollo actual de la tecnología es aún muy caro como para generar grandes emprendimientos comerciales, excepto en zonas en que el calor llega a la superficie terrestre (Gore, 2010).

Hidrógeno - En Europa, Estados Unidos y Japón se está investigando activamente sobre numerosas variantes de pilas de combustible en base a hidrógeno, tanto para motores eléctricos de vehículos como para nuevas generaciones de centrales de producción de electricidad y calor. Estas pilas son generadores de electricidad y utilizan la reacción entre el hidrógeno y el oxígeno del aire arrojando agua como subproducto. Se espera que esta forma de producción de energía sostenible esté disponible comercialmente en una o dos décadas.

- Sustentables

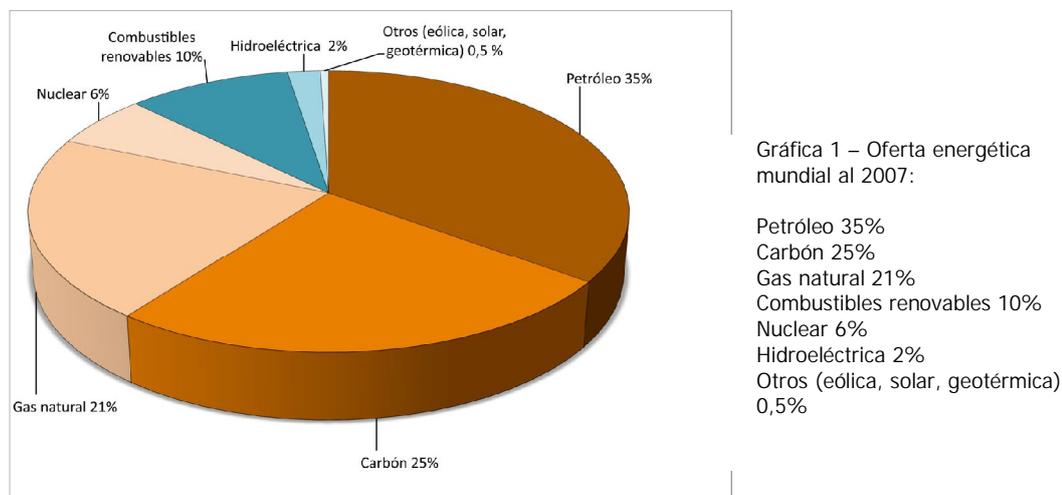
Se consideran sustentables ya que se pueden ir renovando a medida que se explotan y sus emisiones son compensadas por la absorción de gases de efecto invernadero que forma parte de su ciclo de vida. Son criticadas por representar competencia en el uso del suelo para plantar cultivos alimentarios y porque requieren de cuidados especiales para que sean realmente sustentables.

Leña - Es la más relevante, aporta entre el 5 y 10% de la energía primaria mundial. La leña es responsable del 67% de la contaminación mundial por hollín (fuente: <http://ipsnoticias.net/nota.asp?idnews=93900>).

Biomasa - Utiliza los residuos agrícolas e industriales como combustible para producir electricidad. Aunque la quema de estos combustibles emite CO₂ se considera que estas emisiones se neutralizan por la absorción de CO₂ que el material quemado absorbió durante su vida.

Biocombustibles - Plantas cultivables que se utilizan para producir combustibles líquidos (etanol y biodiesel). El auge de los biocombustibles ha amainado por su bajo rendimiento, las emisiones que se liberan a causa de su producción y los cuestionamientos al uso de tierras para agricultura energética en lugar de alimentos. En Brasil la producción de etanol resulta rentable, pero en EEUU recibe grandes subsidios.

Resumiendo, al día de hoy (datos de 2007 tomados de la DNETN) la oferta energética mundial se distribuye de la siguiente manera (ver gráfica 1):



Con respecto al futuro, la Agencia Mundial de Energía pronostica un incremento del 60% del consumo energético para el 2030 (IEA, 2004). La caracterización que brinda este organismo, para el período 2002-2030 (*World Energy Outlook 2004* – Agencia Internacional de Energía) suma otros elementos a tener en cuenta a la hora de manejar un panorama posible para los próximos años. Prevé que los combustibles fósiles seguirán siendo las principales fuentes primarias para el abastecimiento de la demanda mundial de energía, y que el petróleo continuará siendo la más utilizada, aunque disminuyendo su participación debido fundamentalmente al crecimiento de la participación del gas natural. Aunque la participación del carbón caerá levemente, continuará siendo la fuente más utilizada para la generación de electricidad, especialmente en Asia.

Prevé que disminuirá globalmente el uso de la energía nuclear para la generación de electricidad, en el período, aunque probablemente aumentará en los países en desarrollo, especialmente en Asia. En el informe de la IEA se menciona la previsión de que dos tercios del incremento en la demanda de energía a nivel mundial provenga justamente de países en desarrollo, llegando a consumir al final del período casi la mitad del total de energía consumida a nivel mundial, debido tanto a una mayor velocidad de su crecimiento económico y de su población, como a otros aspectos como la industrialización y una tendencia a una mayor urbanización. Países como China e India arrastrarán el crecimiento de la demanda mundial de energía.

En cuanto a las fuentes renovables como la eólica, solar, geotérmica y biomasa, su uso crecerá en Europa Occidental y los Estados Unidos de América donde existen subsidios del gobierno, pero tendrán poco impacto en el corto plazo en el consumo de los combustibles fósiles, según la IEA. Prevé un crecimiento del 2%, como es el registrado en el 2002, a un 6% en el 2030.

Ante la problemática mundial del incremento de la demanda energética, las consideraciones ambientales y los desafíos que plantea el uso de cada fuente energética, se hace necesario conjugar diversos factores y preguntas que deben contestarse a la hora de proyectar el futuro de las matrices energéticas nacionales. Por

ejemplo, el Director de Energía del Ministerio de Industria, Dr. Ramón Méndez ha establecido que:

En este mismo sentido, la energía es un bien que debe ser preservado: resulta tan importante estudiar la mejor manera de producir energía como determinar para qué se utiliza, cómo puede ahorrarse, así como intentar mejorar la eficiencia en el uso. A estas responsabilidades sociales, se une otra medioambiental. Por primera vez la actividad humana no solo puede tener consecuencias negativas para el entorno medioambiental local (contaminación de ríos, napas subterráneas, suelos, o entornos atmosféricos), sino que también puede incidir a nivel global: los excesos de emisión de gases de efecto invernadero impactan simultáneamente sobre toda la Tierra y, como se ha insistido últimamente, las consecuencias podrían ser catastróficas. La mayoría de las emisiones humanas de CO₂ se realizan durante la producción y el uso de varios tipos de energía. Por último, el acceso y el uso de la energía puede ser un importante factor de desarrollo y de democratización de la sociedad, pero también, como ocurre habitualmente, puede resultar un fuerte generador de inequidad. A escala mundial, el acceso a la energía no solo ha provocado tensiones y guerras, sino que desnuda y profundiza aún más las diferencias entre países ricos y pobres. Estas mismas inequidades se manifiestan en el seno de cada país. Más aún, la problemática energética es al mismo tiempo causa y consecuencia del desarrollo económico de una sociedad" (Méndez, 2008) (<http://www.anii.org.uy/web/paginas/plan-estrat-gico-nacional-de-ciencia-tecnolog-innovaci-n-pencti>).

Estas declaraciones evidencian la atención que debe prestarse a los múltiples aspectos que están en juego y que se vinculan con el concepto de *desarrollo sustentable* (ver cuadro 3).

En la proyección de una matriz energética están subyacentes diferentes visiones de lo que debe ser la base del desarrollo de cada país y concepciones de sustentabilidad. Habiendo diferencias de enfoques sobre esto último, que se tratarán más en profundidad en la sección correspondiente a Uruguay, se explica el hecho de que haya distintas posturas sobre la matriz energética de un país vinculada a la pregunta de ¿más energía para qué?

Cuadro 3 – Desarrollo sustentable

¿Desarrollo Sustentable? El concepto de Desarrollo Sustentable nace a partir del reconocimiento de los cambios ambientales del siglo XX (sobre explotación de recursos naturales, contaminación, impacto sobre el clima, las formas de vida y los sistemas que sustentan la vida) y su relación con la actividad económica humana.

En 1972 el *Informe del Club de Roma* (grupo de discusión internacional formado por científicos, industriales, diplomáticos y miembros de la sociedad civil) titulado *Los límites del crecimiento* cuestionó la viabilidad del crecimiento como objetivo económico global. De seguir así, el crecimiento poblacional, la demanda de energía y de recursos naturales, y los niveles de contaminación, harían inviable la continuidad de la población en el planeta, declaraban. La Fundación Bariloche (institución privada fundada en 1963 y aún en actividad para promover la actividad científica) gestaba al mismo tiempo la respuesta latinoamericana al *Informe del Club de Roma*, un *Modelo Latinoamericano* crítico, que cuestionaba las bases económicas y políticas del orden mundial. El modelo Bariloche se diseñó para buscar caminos que llevaran a un mundo en el que el desarrollo tuviera como objetivo fundamental satisfacer, por lo menos, las necesidades humanas básicas de toda la sociedad, administrando los recursos y cuidando el medio.

La Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medioambiente (1972) realizada en Estocolmo (la primera reunión mundial sobre medioambiente) intentó trazar un curso intermedio (entre los extremos de *crecimiento primero* y de *crecimiento cero*), reconociendo los conflictos entre medioambiente y desarrollo. Los postulados de crecimiento con equidad y eficiencia económica (aceptando que el manejo de la demanda es complicado en una economía de mercado pura y que requiere por tanto de regulaciones estatales) debían conjugarse con prudencia ecológica. El poco progreso logrado por el organismo creado en esa ocasión, el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), dio origen al establecimiento en 1983 de una Comisión de alta jerarquía (Comisión Mundial para el Medioambiente y el Desarrollo Económico) para tratar estos temas. El informe que produjeron, *Nuestro Futuro Común* (1987), dio un nuevo ímpetu a la discusión política en torno a la promoción de un *desarrollo sustentable*, concepto que nació oficialmente así. Con la publicación de dicho informe el desarrollo sustentable comenzó a dominar todas las áreas del discurso ambiental y político. El desarrollo sustentable quedaba definido como “un desarrollo que responda a las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones del futuro de satisfacer sus propias necesidades” (WCDE, 1987, pág.8). El reporte no abandona la idea de crecimiento económico sino que lo considera *absolutamente esencial* para combatir la pobreza pero en un camino nuevo, uno que sustente las capacidades del ambiente. A pesar de la gran cantidad de definiciones de desarrollo sustentable, ésta, la original, es la más utilizada.

El concepto fue rápidamente aplicado en el mundo de la política, determinando la agenda de la llamada Cumbre de la Tierra, o Conferencia de Naciones Unidas sobre Ambiente y Desarrollo en Río de Janeiro. La *Agenda 21* representa el programa (o declaración de principios) que salió de esa conferencia para que las naciones pusieran en práctica la sustentabilidad con acuerdos internacionales sobre, por ejemplo, cambio climático y protección de la biodiversidad. En el año 2002, la declaración de Johannesburg creaba una “responsabilidad colectiva para avanzar y estrechar los pilares interdependientes y mutuamente reforzadores del desarrollo sustentable – desarrollo económico, desarrollo social y protección ambiental – a nivel local, nacional, regional y global”. Así quedaban establecidos los tres pilares sobre los que debería descansar el concepto y programas para un desarrollo que fuera sustentable, el social, el ambiental y el económico.

Uno de los debates dentro del tema es precisamente si pueden conciliarse a largo plazo los intereses económicos y la integridad del ambiente. El propio debate sobre el desarrollo sustentable ha conducido a debatir los modelos de desarrollo y cuestionar la relación entre desarrollo económico y bienestar humano. Se registra una tendencia a no relacionar necesariamente el crecimiento económico y el desarrollo (para contemplar un registro más rico de las aspiraciones humanas). En ese sentido Amartya Sen, premio Nóbel de economía y gestor de un enfoque conocido como “desarrollo como libertad”, ha definido desarrollo como el *proceso de expansión de las capacidades humanas*, lo que implica aumento de autonomía y justicia. Sen, no define el desarrollo en base a la renta, sino por la capacidad de las personas en transformar esa renta en aquello que ellas consideran necesario para llevar la vida que quieren llevar (objetivo así del desarrollo). (Ver Sen, A. 2000. *Desarrollo como Libertad*; Madrid: Editorial Planeta).

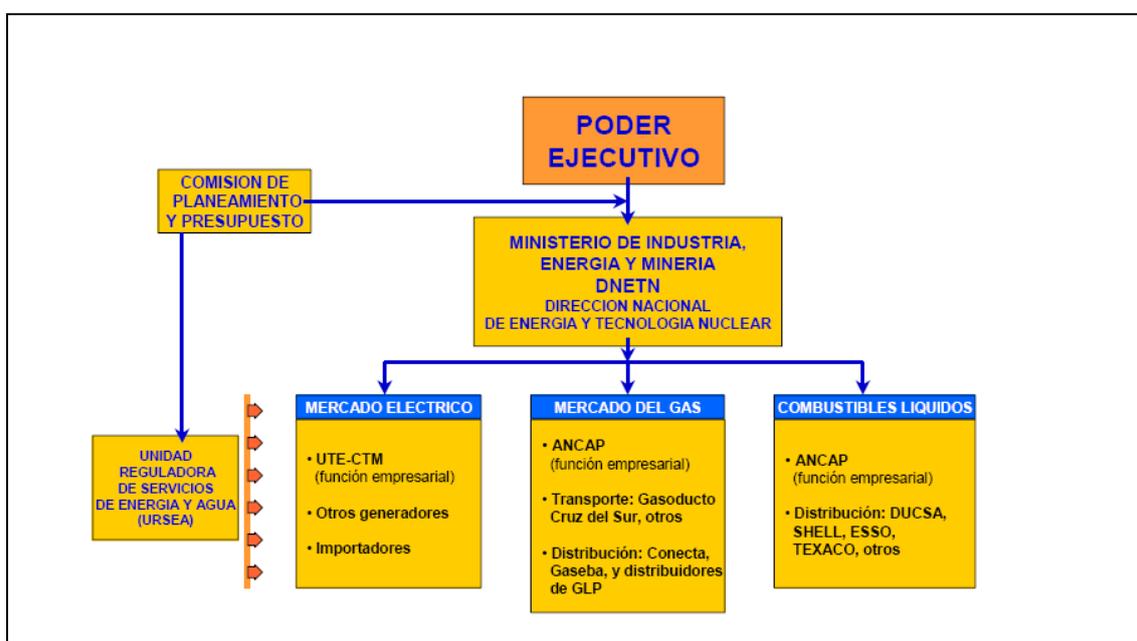
De hecho, al día de hoy, se considera en la mayoría de los círculos de debate (incluyendo los organismos internacionales), indispensable la participación de base comunitaria y el fortalecimiento de las capacidades de la población para garantizar la sustentabilidad (considerando también la sustentabilidad social junto con la económica y la ambiental).

2. MATRIZ ENERGÉTICA EN URUGUAY

Veamos cómo es la matriz energética en Uruguay antes de introducirnos en el tema más específico de la producción de electricidad en Uruguay. Se detalla información de la Dirección Nacional de Energía y Tecnología Nuclear (disponible en: www.miem.gub.uy).

La Dirección Nacional de Energía y Tecnología Nuclear (DNETN), Unidad Ejecutora del Ministerio de Industria, Energía y Minería, es la unidad responsable de la proposición y coordinación de la política energética nacional. Entre sus cometidos se encuentra el de coordinar y orientar la acción de las entidades que operen en el sector energía y el de participar en la elaboración de los marcos normativos y regulatorios de las actividades energéticas (ver cuadro 4).

Cuadro 4 - Estructura de la regulación del sector energético en Uruguay. Tomada de la DNETN.
Nota: el nombre correcto para la Comisión de Planeamiento y Presupuesto es Oficina de Planeamiento y Presupuesto



La Unidad Reguladora de Servicios de Energía y Agua (URSEA), a su vez, es el organismo regulador del sector, creado como órgano desconcentrado del Poder Ejecutivo, con competencia de control a actividades del sector tales como el mercado eléctrico, de gas y de hidrocarburos.

Los principales sectores, como se ve en el cuadro 4, son:

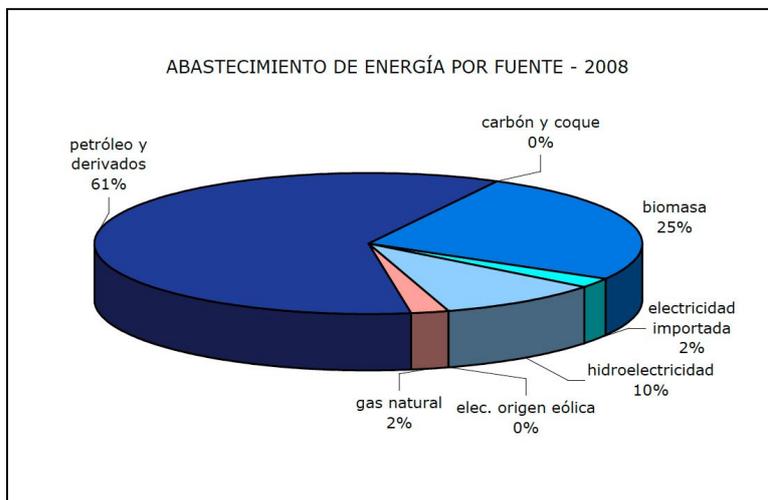
a) el eléctrico, en el que UTE y la Comisión Técnica Mixta de Salto Grande ejercen una función empresarial (UTE con generación, transmisión y distribución) y la CTM SG con generación), otros generadores e importadores de electricidad, todo dentro del marco regulatorio definido por la ley 16.832 de junio de 1997.

b) el del gas, en el cual las principales empresas que actúan son ANCAP, Gasoducto Cruz del Sur (transporte), Conecta (distribución de gas de redes en el interior), Gaseba (distribución de gas redes en Montevideo), y las empresas distribuidoras de GLP (supergás y propano). No existe una ley de marco regulatorio del subsector, sino una serie de leyes, decretos, contratos, etc., que reglamentan el sector.

c) el de los combustibles líquidos, en el cual ANCAP ejerce una función empresarial (importación de petróleo y derivados, refinación y exportación de derivados), y la distribución la realizan empresas privadas (DUCSA, PETROBRAS, ESSO, TEXACO y DIKAMSA).

Matriz energética actual

El aumento anual del consumo energético en Uruguay es de un 5 a 6 %. Según datos publicados por el MIEM para el año 2008, Uruguay tiene una gran dependencia de fuentes de energía importadas, en especial del petróleo y sus derivados (61% de la oferta nacional) (ver gráfica 2). La oferta propia del país se caracteriza por un 10% de energía hidráulica y 25% de biomasa (esta última en crecimiento), fundamentalmente leña. El gas natural importado de Argentina participa actualmente con un 2%. La energía eólica se introduce en el año 2008 y por eso no está reflejada aquí.



Gráfica 2 - Matriz energética uruguaya en el 2008 (tomado de la DNETN)

Sectores

El consumo de energía por sector en el año 2008 tiene al sector industrial como mayor consumidor, seguido de cerca por el sector transporte, luego residencial, comercial y agro y pesca (ver gráfica 3).

Gráfica 3 - Estructura de consumo 2008 (tomado de la DNETN)



Generación de energía eléctrica en Uruguay

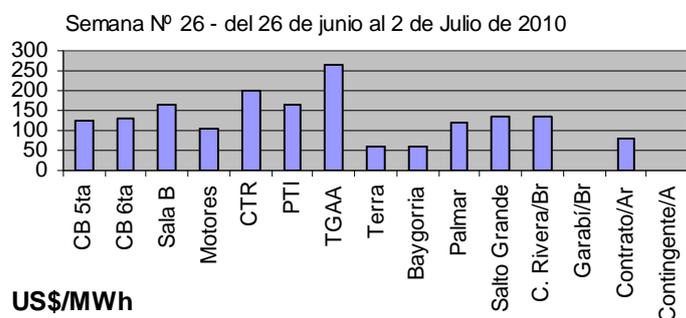
En Uruguay se genera electricidad fundamentalmente a partir de la energía hidroeléctrica (represas), y térmica (centrales térmicas con combustibles como la biomasa, leña o combustibles fósiles importados) (ver cuadro 5). Recientemente, y en un porcentaje muy menor, se ha ido incorporando la energía eólica (turbinas de viento), aunque se prevé un crecimiento de la misma. En algunos casos también se debe importar electricidad. En el caso de la electricidad producida a través de fuentes autóctonas (agua, viento, biomasa, leña) el costo de producción es más reducido. El uso de combustibles fósiles importados (derivados del petróleo, gas natural) encarece la generación de electricidad por lo cual las centrales térmicas que utilizan estos combustibles son encendidas cuando la energía hidroeléctrica no es suficiente para cubrir la demanda de electricidad.

Cuadro 5 - Potencia instalada para el año 2009 (Fuente UTE, ver documento adjunto "Intercambios energéticos UTE")

HIDROELECTRICAS	MWh
Gabriel Terra (Rincón del Bonete)	152
Baygorria	108
Constitución (Palmar)	333
Salto Grande	945
Total hidroeléctricas	1538
TERMICAS	MWh
Central Batlle (Sala B, 5ta, 6ta) Fueloil	255
Central Térmica de respaldo (CTR) Gasoil	226
Central de Punta del Tigre (PTI) Gas natural - Gasoil	300
Central de Maldonado (Gasoil)	20
Total térmicas	801
TOTAL	2339
DEMANDA MAX 2009	1654

ADME es la empresa Administradora del Mercado de Energía Eléctrica, una persona pública no estatal creada en 1997. Su cometido es definir de qué manera se atiende la demanda energética en todo momento, a través de un abastecimiento seguro y de menor costo. Para esto, tiene que monitorear de forma constante la demanda y atenderla utilizando las fuentes de energía que menos costo tengan. El costo de cada fuente de energía se mide en dólares por Megawatt generado (US\$/MWh). Por ejemplo, en los picos de mayor demanda (generalmente noches invernales en el caso de Uruguay) en que la energía hidráulica que normalmente es la de menor costo no es suficiente para abastecer la demanda, o en los períodos de sequía cuando hay poca agua en los embalses y no alcanza para abastecer la demanda, ADME debe definir de qué manera se puede abastecer esta demanda. Es así que puede decidir recurrir a las centrales térmicas (cuyo costo de generación depende del precio del petróleo) o a la importación de energía eléctrica desde Argentina o Brasil por ejemplo. En la Gráfica 4 se muestra como ejemplo el costo graficado de cada una de las centrales que existen en el país y de las importaciones de energía extraída de la página web de ADME para la semana entre el 26/6 y 2/7 de 2010 (CB: Central Batlle (térmica), CTR: Central de respaldo de La Tablada (térmica), PTI: Central térmica Puntas del Tigre, TGAA.

Gráfica 4 - Ejemplo del costo de producción de energía en MWh, según fuente, para la semana del 26 de junio al 2 de julio de 2010 (tomada de <http://www.adme.com.uy/>)



Hydroenergía – Es la Generación de electricidad a través de la energía del agua (hidráulica). Uruguay cuenta con represas hidroeléctricas que tienen en su conjunto un potencial hidroeléctrico superior a los 1500 MW. Aparentemente hemos llegado al límite de explotación pero se podría mejorar la producción en un 10% si se mejorara la tecnología utilizada en Salto Grande (José Mujica en su emisión radial “Habla el Presidente”, 18/5/2010). A esta posibilidad se suma otra resultante de un estudio de UTE que informa que se puede agregar una quinta turbina en la central Gabriel Terra (Rincón del Bonete), lo que permitiría obtener entre 42 y 70 MW adicionales (fuente: <http://www.larepublica.com.uy/economia/387602-nueva-turbina-para-rincon-del-bonete>). Otra posibilidad es la microgeneración, o sea la generación eléctrica a escala doméstica utilizando pequeñas turbinas. En términos generales esta energía tiene como ventajas el bajo costo de generación, y como desventaja la variabilidad de su capacidad para producir electricidad debido a factores climáticos que afectan la cantidad de agua disponible en los embalses. En estos casos, cuando hay escasez de agua, entran en funcionamiento otras fuentes de energía de respaldo, como las centrales térmicas. Las fuentes de energía que dependen de condiciones ambientales requieren de respaldos confiables en caso de agotarse repentinamente el recurso del cual dependen (agua, o viento por ejemplo).

En palabras de Ramón Méndez, Director de Energía:

Tenemos que acostumbrarnos a que tener agua, tener generación hidráulica es una noticia muy buena y muy mala al mismo tiempo. Es una muy buena noticia porque no hay nada más barato que el agua una vez que se repagó la inversión en las represas, generar el megavatio/hora en las represas cuesta cinco dólares; cualquier otra forma de generación, la que sea, es mucho más cara. Entonces cuando tenemos agua tenemos energía muy barata, y cuando no la tenemos, tenemos energía mucho más cara. La tarifa de UTE es un promedio de los momentos buenos y los momentos malos. No tiene que cundir el pánico cuando se pasa mucho tiempo sin agua, parece que se cayera el mundo y que hay que salir a buscar soluciones mágicas. No, eso es lo natural en nuestro país, porque tenemos una gran dependencia del agua, algo que es al mismo tiempo bueno y malo. Uno puede entender que vamos lentamente, eso es absolutamente relativo, pero es curioso porque Uruguay tiene hoy el mayor porcentaje de energías renovables no tradicionales de todas las Américas. Nos invitan a los foros internacionales para que expliquemos el ejemplo uruguayo, que otros países están

intentando imitar, en particular países de América Latina (http://www.espectador.com/1v4_contenido_print.php?id=155159).

Centrales termoeléctricas - Uruguay cuenta con 4 centrales termoeléctricas (Central Batlle, Central de Respaldo de La Tablada, Turbina a gas de Maldonado y Central de Punta del Tigre). Generan electricidad a través de la quema de derivados del petróleo (fuel oil y gasoil). El costo de generación de esta electricidad depende del costo del petróleo importado. Este costo es muy variable, y suele ser elevado. Además, el petróleo está llegando a un pico máximo de extracción, luego del cual su precio se incrementará enormemente. La quema de estos combustibles libera emisiones de CO₂ a la atmósfera, uno de los principales gases de efecto invernadero cuya concentración creciente en la atmósfera está calentando la Tierra, con riesgos elevados para la vida. También tienen emisiones de gases contaminantes a nivel local como los NO_x (óxidos de nitrógeno) o el material particulado, que afectan la salud. La Central Batlle, La Tablada y Maldonado, dada su antigüedad, serían desmanteladas en un plazo de unos diez años (Joubanoba y Campanella, 2008⁴).

Gas natural- La central de Punta del Tigre también puede quemar gas natural. Actualmente se importa de Argentina, pero el suministro no es confiable. En épocas de escasez de gas natural argentino, se redujo el suministro al Uruguay. Las perspectivas a futuro del gas natural dependen de dos factores: la posibilidad de negociar acceso al gas natural de origen boliviano (a través de Argentina) y el desarrollo de los planes actuales (ya acordados con Argentina) de instalar una planta regasificadora. El gas natural (metano) es un potente gas de efecto invernadero pero, si se quema en vez de ser liberado directamente a la atmósfera, emite sensiblemente menos gases de efecto invernadero que la quema del petróleo y el carbón.

Carbón - No existen actualmente centrales termoeléctricas a carbón en nuestro territorio, aunque se está considerando esta posibilidad. En el suplemento de energía de *La Diaria* (31/5/2010) se menciona que en nuestro país existen actualmente propuestas comerciales para la generación eléctrica con carbón, algo que según este artículo no había sido mencionado en ninguno de los programas de gobierno de los partidos políticos. El carbón todavía está disponible en buenas cantidades en el mundo, y aunque es importado su costo es relativamente bajo. Algunos de los impactos ambientales pueden ser disminuidos aunque no eliminados, a través de la reducción de las emisiones de óxidos de azufre y nitrógeno que son los principales causantes del smog y la lluvia ácida (Gore, 2010) aunque esto no disminuye las emisiones de CO₂. El tema del carbón ha aparecido varias veces en la prensa relacionado a nuevos emprendimientos o propuestas industriales como la explotación de hierro de la empresa Aratirí, o el proyecto de una nueva planta de celulosa de Empresas Copec.

Leña - Aunque actualmente se utiliza un porcentaje menor de leña para la producción de electricidad, aún no existe en Uruguay un compromiso firme con esta modalidad, que implicaría un desarrollo de la *forestación energética* (plantíos de árboles con el fin de utilizarlos como combustible para generar electricidad). Esta, a su vez, requiere de ciertas consideraciones: es muy intensiva, por lo que consume mayores recursos (nutrientes, agua) que otras forestaciones y períodos de cosecha cortos (2-3 años). La leña tiene bajo poder calorífico, un 70% de su combustión se disipa como calor. Esto

⁴ Ariel Joubanoba y Walter Campanella, 2008. Rumbo a la Autonomía Energética. Editado por la Junta Departamental de Tacuarembó.

quiere decir que es poco eficiente para producir energía. Además su quema libera gran cantidad de contaminantes, que pueden filtrarse pero a través de mayores inversiones, algo que muchas veces no resulta rentable en centrales pequeñas. Su alto contenido en agua influye en su baja eficiencia energética y su gran volumen lo cual es un factor a considerar en cuanto a su transporte y almacenamiento. En años con altas lluvias, en que la mayor parte de la demanda energética se satisfaga con las represas y no sea necesario un gran aporte de las centrales a leña, la madera quedará almacenada, ocupando grandes espacios y con riesgos de putrefacción. Para que la producción de electricidad en base a leña sea rentable, las distancias entre los bosques forestados y las centrales deberá ser reducida para minimizar el gasto y las emisiones que implica su transporte (Joubanoba y Campanella, 2008). A estas consideraciones se contraponen la visión desde CEUTA, que propone a través de su coordinador de energía, Gerardo Honty, que la forestación energética es una perspectiva muy buena para nuestro país. Citando el documento La Opción Nuclear en Uruguay de Honty (adjunto) las ventajas de la generación en base a leña serían las siguientes:

- Es un combustible nacional. A diferencia de lo que pasa con el petróleo o con el uranio no necesitamos importarlo y no dependemos de precios internacionales o el humor de los proveedores.
- Hay una amplia experiencia en la construcción, manejo y mantenimiento de calderas a leña, lo que hace que no dependamos tampoco de tecnología ni técnicos importados (la experiencia de la leña en Uruguay quizá sea única en el mundo y por eso nos cuesta tanto aceptarla).
- Puede funcionar intermitentemente, entrando o saliendo del sistema en cualquier momento, cuando haga falta.
- Puede construirse en módulos pequeños (por ejemplo de 50, 100 MW) en distintos lugares y momentos, acompañando el crecimiento de la demanda, sin tener que hacer una sola gran inversión definitiva.
- Tiene la potencialidad de generar decenas de veces más empleos que la nuclear.
- Las emisiones de gases de impacto local pueden ser controladas y no produce gases de efecto invernadero.
- No se requieren grandes extensiones de cultivo. Lo que hoy ya está plantado (que tiene como destino mayormente la producción de celulosa, entre otras cosas) alcanzaría para generar TODA la electricidad que se consume en Uruguay si se utilizara con este fin.
- No existen estudios de costos actualizados pero todo hace suponer que no sería más caro que las térmicas de Punta del Tigre.

Biomasa - Se trata de la utilización de *residuos vegetales* derivados de la explotación agrícola y forestación cuya combustión (quema) se utiliza para generar electricidad. Ejemplos: cáscara de arroz, restos de madera resultantes de la poda o cosecha de árboles cuya madera se destina para fines no energéticos (celulosa por ejemplo), restos de madera resultantes de la actividad industrial (aserrín por ejemplo). Aspectos importantes para evaluar la rentabilidad de la producción de electricidad en base a biomasa son la distribución y abundancia de los residuos. La cantidad de electricidad que se puede producir en una central dada, está directamente ligada a la cantidad de residuos que se obtengan próximos a la central. Si los residuos se encuentran demasiado alejados entonces la rentabilidad de la central disminuye a causa de la inversión en transporte. Según un estudio de la DNETN del año 2006 (www.miem.gub.uy) sobre la viabilidad del uso de biomasa en nuestro país, la opción económicamente óptima para el país sería construir módulos de generación del orden

de 10 MW cada uno ya que centrales mayores implicarían mayores inversiones en transporte. Se prevé incorporar 200 MW de biomasa para el año 2015.

Energía eólica - Uruguay ha comenzado a incorporar energía eólica a su matriz energética desde el año 2008 a través de una serie de emprendimientos piloto a pequeña escala. Actualmente, y en base a estos proyectos iniciales, se planifica incorporar 300 MW para el año 2015. La energía eólica comparte con la hidroeléctrica su carácter variable, lo que implica la necesidad de respaldo.

Uruguay cuenta con puntos geográficos que tienen un factor de capacidad de 30 y hasta 45% en algunos sitios particulares (como referencia, la media europea no supera el 25%). Si bien nuestro país carece de la capacidad industrial como para fabricar las turbinas, cuenta con conocimientos industriales para fabricar algunos de sus componentes (Informe PENCTI, Ramón Méndez).

A su vez, esta forma de energía se podrá generar a pequeña escala, se va a poder generar la energía doméstica que uno utiliza a través de turbinas de viento pequeñas, y se puede vender el excedente a UTE.

Según Ramón Méndez, el 6% del consumo de energía actual del país proviene de energías renovables no tradicionales, básicamente biomasa y energía eólica. Se trata del mayor porcentaje de todos los países de América Latina y de América del Norte (http://www.espectador.com/1v4_contenido.php?m=&id=155159&ipag=1).

¿Quiénes son los sectores más consumidores de electricidad en Uruguay?

Según datos del 2008 publicados por la DNETN se presenta la proporción de electricidad que consume cada sector respecto a su consumo energético total.

- 77% del consumo comercial es en electricidad
- 36% del consumo residencial es en electricidad
- 21% del consumo del sector industrial es en electricidad
- 12% del consumo agro-pesca es en electricidad
- 0% transporte (no se utiliza desde 1992 con la eliminación de los trolley buses)

A pesar de que el sector comercial es el que utiliza una mayor proporción de su energía total en electricidad, el sector que más electricidad consume es el residencial, como vemos en la tabla 1.

Tabla 1. Consumo de electricidad por sector en ktps. Tomado del Balance Energético 2008, DNETN.

residencial	245,2
comercial/servicios	190,7
transporte	
industrial	207,6
agro/pesca	24,0

PERSPECTIVAS

La política energética del Uruguay entre el 2005 y 2030 (ver cuadro 6) establece las siguientes metas a mediano plazo (en: Política Energética 2005-2030, documento disponible en la página de la DNETN).

- Garantizar el abastecimiento de gas natural
- Que al menos 30% de los residuos agroindustriales sean utilizados para producción de diversas formas de energía
- Que al menos 15% de energía eléctrica provenga de fuentes renovables no tradicionales (eólica, solar, biomasa)
- Que el peso del petróleo en la matriz eléctrica sea menor al 10%
- Garantizar un 15% de ahorro de petróleo en el transporte de carga y pasajeros utilizando modos, medios y fuentes alternativos
- Que el peso del petróleo en la matriz energética sea menor al 45%
- Haber ensayado combustibles fósiles autóctonos (esquistos)
- Lograr que empresas locales produzcan insumos energéticos
- Promover una cultura de eficiencia energética

En el marco de proyecciones basadas en tales metas el gobierno está manejando ya algunos proyectos concretos:

REGASIFICADORA. A través de un acuerdo con Argentina que está siendo negociado actualmente, se instalaría una planta regasificadora en territorio uruguayo que permitiría traer gas natural en estado líquido desde cualquier parte del mundo. La planta estaría en Uruguay y sería *off shore*, es decir en el mar. Sería un negocio a medias con Argentina al igual que la represa de Salto Grande en la que se daría un porcentaje de participación a empresas privadas. En un proyecto anexo a la planta, Uruguay estudia instalar una central de generación de electricidad alimentada a gas. La planta regasificadora estaría cerca de la capital, Montevideo para el año 2012. Tener ese barco abre la ventaja de poder comprar el gas en cualquier parte del mundo, según afirmó el Ministro Kreimernann (<http://www.observa.com.uy/actualidad/nota.aspx?id=98185>).

ELECTRICIDAD BRASILEÑA. El segundo camino manejado por el gobierno es el proceso de interconexión de energía eléctrica con Brasil que ya está en marcha. La nueva interconexión eléctrica con Brasil a través de la línea Candiota-San Carlos permitiría al Uruguay un abastecimiento de electricidad proveniente de la red interconectada brasileña. Además, el gobierno informó que ya se recibieron varias ofertas de empresas instaladas en el vecino país para suministrar energía a Uruguay en base a carbón. Una de ellas salió en un artículo en el diario La República del 30 de junio de este año (adjunto) donde se describe una oferta de abastecimiento desde el sur de Brasil desde una central a carbón que utilizaría como combustible un carbón cuyas características geológicas no permiten su traslado. Los precios de abastecimiento permanecerían fijos durante 25 años.

GAS BOLIVIANO. La tercera vía es el arribo de gas boliviano por medio de los ductos argentinos, a través de un acuerdo establecido recientemente entre Argentina, Bolivia y Uruguay (<http://www.elpais.com.uy/100514/ultmo-488512/ultimomomento/uruguay-tendra-gas-boliviano-y-regasificacion>). A esto se suma el compromiso de Argentina para que el gas que Uruguay pueda comprarle a Bolivia llegue al país sin pagar

“peajes”. Es decir que se pagaría al precio que lo vende el país del altiplano más los gastos de transporte.

Cuadro 6 Lineamientos energéticos 2010-2030 para Uruguay (Disponible en DNETN)

La política energética y sus directrices estratégicas 2010-2030 para Uruguay se basan en 4 ejes: 1) Rol directriz del estado, con participación regulada de actores privados. 2) diversificación de la matriz energética (fuentes y proveedores), 3) promover la eficiencia energética en todos los sectores de actividad, y 4) velar por un acceso adecuado a la energía para todos los sectores sociales.

Estos ejes determinan las siguientes líneas de acción (2008-2030):

- 1) En el sector eléctrico, la introducción masiva de energías renovables autóctonas: energía eólica, biomasa, hidráulicas, solar térmica (y planta piloto fotovoltaica)
- 2) Promover el uso de energéticos no renovables autóctonos: esquistos bituminosos, uranio y otros energéticos
- 3) Instalar capacidad de regasificación de gas natural licuado (GNL)
- 4) Realizar modificaciones eficientes en el transporte de cargas y pasajeros
- 5) Estudiar la eventual puesta en marcha de un programa nucleoelectrico
- 6) Resolver alternativas para el largo plazo: carbón, cultivos energéticos, hidrógeno, biocombustibles de segunda generación, plasma y undimotriz (del movimiento de las olas)
- 7) Promover la cogeneración a nivel industrial
- 8) Promover el intercambio regional de energía
- 9) En el sector de los hidrocarburos, establecer una “Ronda Uruguay” para impulsar prospección de hidrocarburos en la plataforma nacional que implica la asociación con empresas petroleras para la explotación de hidrocarburos en otros países, preferentemente de la región. Una conversión profunda en la refinería, una planta de desulfurización, y la introducción de biocombustibles en la matriz.

También vinculado a las medidas de eficiencia que se pretenden tomar en el período 2010-2030 (ver cuadro 8) podemos comparar los conceptos de eficiencia y ahorro.

Conceptos de eficiencia vs. ahorro. La eficiencia energética, un concepto de uso de la energía cuya implementación es impulsada por el gobierno a través de la DNETN, consiste en continuar con los hábitos de uso de energía, pero con medidas que minimicen las pérdidas o el desperdicio. Las medidas de eficiencia energética permiten el mismo grado de confort utilizando menos energía. Ejemplos de esto son los sistemas de aislamiento térmico en la construcción, o el uso de dispositivos eléctricos de bajo consumo. El concepto de ahorro va más allá de la eficiencia, e implica disminuir la cantidad de energía que utilizamos, no solo siendo más eficientes sino también cambiando nuestros hábitos. En vez de prender la calefacción, abrigarse más por ejemplo. El concepto de ahorro no ha sido impulsado por el gobierno uruguayo, esta propuesta proviene de la Red Amigos de la Tierra y otros grupos ambientalistas.

Críticas a la matriz energética uruguaya

No podemos seguir dudando, tendremos que tomar en los próximos 3 o 4 meses una decisión fundamental (respecto a nuestra matriz energética). Cualquier solución demora como mínimo 2 o 3 años y ya estamos a tope en nuestro consumo. Tenemos que tomar decisiones importantes, sobre todo si se concreta el crecimiento económico acelerado que aumentará nuestro consumo. Todos tenemos derecho a informarnos, y opinar.

(Presidente José Mujica en su emisión radial del 18 de mayo de 2010)

Muchas voces hablan frecuentemente de los problemas que tiene la matriz energética uruguaya. La gran dependencia de los hidrocarburos cuando hay sequía y las represas no logran abastecer la demanda es uno de ellos. Otro es la dependencia de Argentina y Brasil cuando hay que importar energía, que nos la venden a precios muy elevados que no tenemos otra opción que pagar. En palabras del senador Fernández Huidobro, quien ha escrito frecuentemente sobre estos temas: "En este momento y desde hace unos cuantos años somos hidrosdependientes graves, argentinodependientes semisuicidas e hidrocarburodependientes dilapidantes" (mencionado por el senador S. Abreu en entrevista con Emiliano Cotelso http://www.espectador.com/1v4_contenido.php?id=97112&sts=1).

Uruguay está actualmente buscando diversificar su matriz, mejorar su eficiencia energética, generar más potencia e independizarse de sus vecinos. Ramón Méndez manifiesta que

...desde que asumió el gobierno (del Dr. Vazquez) se está trabajando intensamente en la matriz energética y el objetivo del trabajo que estamos realizando tiende al cambio lo más rápido posible, quizás en cinco años. El primer cambio que hay que lograr es la sustentabilidad de la matriz energética, porque no sabemos cuánto tenemos y a qué precio, porque se ha construido todo a partir del abastecimiento por parte de Argentina, el cual falla y, además, los precios son imposibles de predecir porque ponen detracciones que hacen inviable el negocio del gas. Además tenemos atrasos en la introducción de nuevos generadores eléctricos. Por eso se construyó la Central de Punta del Tigre y la idea es introducir en el corto plazo masivamente la energía renovable (<http://www.larepublica.com.uy/politica/318917-vazquez-solicito-estudio-sobre-explotacion-de-energia-nuclear>).

También cabe volver a mencionar, una vez tratadas las perspectivas del gobierno para el futuro de las políticas energéticas, su vinculación con modelos de desarrollo.

En el marco del modelo actual de desarrollo se vislumbra la importancia de que el país posea una buena y sólida matriz energética como garantía para las inversiones que quieren instalarse en Uruguay. Le otorgaría al país un abastecimiento de energía competitivo y confiable. Para ello se ha remarcado la necesidad de invertir en energías que nos aseguren independencia, alejándonos de los hidrocarburos como el petróleo y acercándonos a fuentes confiables, autóctonas y ambientalmente limpias.

Sin embargo, hay quienes cuestionan esta visión, por considerarla basada en un modelo de desarrollo extractivo, en que las empresas inversionistas utilizan muchos recursos naturales a cambio de inversiones monetarias, con poco impacto a la hora de

mejorar las condiciones de trabajo o desarrollo locales. Desde estas visiones se hace evidente la interrogante planteada más arriba de *¿más energía para qué?* Solamente las respuestas que apuntan a un *desarrollo sustentable* equitativo (un balance entre lo económico, lo social y lo ambiental) son las válidas para mejorar la oferta energética de acuerdo a este punto de vista. Desde este punto de vista, sostenido por grupos como los sindicatos de la energía y el PIT CNT, hay que discriminar entre un aumento de la oferta energética para abastecer a industrias extractivas y un aumento que, de forma equitativa, satisfaga las demandas crecientes que mejoran la calidad de vida de la población, en el marco de un desarrollo sustentable.

Por su parte, desde filas relacionadas a la Red Uruguaya de ONGs Ambientalistas, G. Honty (2004; disponible en: <http://www.energiasur.com/integracion/HontyEnergiaAmericaSurInterconexiones.pdf>) reclama que la integración energética debería apuntar a mejorar los niveles de sustentabilidad, con un concepto amplio de desarrollo que contemple la biodiversidad y los aspectos sociales del crecimiento. Los proyectos de articulación energética vigentes en la región, sostiene, apuntan solamente a construir infraestructura para bajar los precios e impulsar el crecimiento.

El país deberá tomar importantes decisiones de este tipo en un futuro cercano. Estas decisiones implican un compromiso económico y temporal a largo plazo con las fuentes de energía en que se decida invertir. Para hacerla, hay que tener en cuenta factores económicos, ambientales, de riesgo, entre otros. No hay una solución única así como tampoco hay una única fuente de energía que pueda solucionar la demanda. La combinación de varias fuentes, y su proporción dentro de la matriz energética son algunos de los factores que incidirán en el futuro de nuestro país. Puede haber consenso en considerar que una buena matriz energética para cualquier país debe ser diversa (con diferentes fuentes de producción de energía de forma tal que cuando alguna falle la demanda pueda ser suplida por otra), confiable (con energías de base no intermitentes), barata, independiente (con energías autóctonas dentro de lo posible), sustentable y de bajo impacto ambiental. Es poco frecuente poder lograr un nivel óptimo en todos estos factores, en general hay distintos grados de compromiso en cada opción energética que se tome.

En este escenario muchos plantean que la energía nuclear sería la gran solución a los problemas que enfrenta nuestra matriz energética dado que constituye una fuente de energía de base, que no emite dióxido de carbono en su funcionamiento, cuya tecnología y niveles de control la hacen extremadamente segura. Las grandes inversiones para construir una planta nuclear se amortizarían luego dados los supuestos bajos costos del combustible (uranio). Sin embargo hay otros, entre ellos la Red Uruguaya de ONGs ambientalistas, que no recomiendan el uso de la energía nuclear en nuestro país, entre otras cosas porque la adquisición de la tecnología y el combustible generarían una gran dependencia con el exterior. Los argumentos de unos y otros se presentan en las próximas secciones dedicadas al tema específico de Energía Nuclear.

ENERGÍA NUCLEAR

La energía nuclear en el mundo.

La industria nuclear surge entre los años 50 y 60 cuando comenzaron a construirse centrales nucleares en varios países. La cantidad de centrales instaladas en el mundo creció fundamentalmente en las décadas del 70 y el 80, pasando de 225 a fines de los años 70 a más de 400 a fines de los 80. El accidente de Chernobyl en 1986 detuvo el crecimiento de la industria. Hacia el año 2007, los 439 reactores localizados en 30 países generaban el 15% del total mundial de energía eléctrica. Al día de hoy existen unos 440 reactores nucleares de potencia (así se llaman los reactores cuyo fin es producir electricidad) en 31 países del mundo⁵.

Los reactores nucleares se basan en el proceso de obtención de energía a través de la fisión nuclear que es cuando el núcleo de un átomo 'se separa' en componentes más elementales liberando una gran cantidad de energía. En el caso de los reactores nucleares de potencia, la energía liberada en general es utilizada para calentar agua a altas presiones que a su vez mueve turbinas para producir electricidad.

De acuerdo a su finalidad principal existen dos tipos de reactores: los Reactores de Investigación que utilizan los neutrones generados en la fisión para producir *radioisótopos* (átomo o núcleos con igual carga eléctrica y por tanto idénticas propiedades químicas, pero con distinto peso debido a un número de neutrones diferente) o bien para realizar diversos estudios en materiales; y los Reactores de Potencia que utilizan el calor generado en la fisión para producir energía eléctrica, desalinización de agua de mar, calefacción, o bien para sistemas de propulsión.

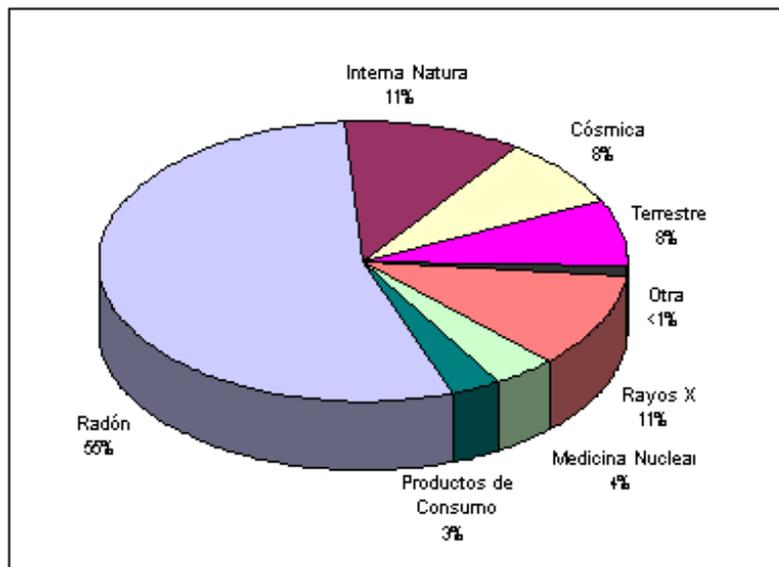
La fisión ocurre de manera espontánea en la naturaleza, pero para lograr este fenómeno en condiciones artificiales es necesario bombardear los átomos fisibles con neutrones. En la naturaleza existe un único átomo fisible (que puede ser fisionado) con neutrones lentos o térmicos. Se trata del uranio235, un tipo de átomo que se encuentra en proporciones muy bajas (0.7%), unido al uranio238 que se extrae de yacimientos mineros. Los átomos fisibles de uranio son 'bombardeados' por partículas llamadas neutrones a velocidades controladas para que pueda darse la reacción de fisión liberadora de energía y de radiaciones ionizantes (radioactividad).

El ciclo del combustible nuclear incluye la minería y purificación del uranio, su conversión como combustible, la producción de energía en el reactor nuclear, el almacenamiento de combustible irradiado, o su reprocesamiento, el reciclaje del material fisibles recuperado, el almacenamiento y disposición final de los residuos radiactivos. Todos estos procesos liberan radiación ionizante (o radiactividad) que es monitoreada por El Comité Científico para Naciones Unidas sobre los Efectos de la Radiación Atómica, UNSCEAR.

⁵ Datos del Informe redactado por la Comisión Técnica creada en el 2008 por el entonces Presidente Tabaré Vázquez, titulado *Análisis para una eventual puesta en marcha de un programa nuclear para generación eléctrica en Uruguay*, que se adjunta a este documento y se nombrará desde ahora como: *Informe Técnico de Uruguay*. Disponible también en: <http://www.180.com.uy/spip/spip.php?article1364>

La radiactividad

La radiactividad es un fenómeno que siempre ha estado presente en la vida de la Tierra y por lo tanto de las personas. Según un informe técnico del Comité Científico para Naciones Unidas sobre los Efectos de la Radiación Atómica, UNSCEAR (disponible en inglés en: http://www.unscear.org/unscear/en/publications/2000_1.html), la exposición humana a la radiación ionizante proveniente de fuentes naturales es una característica continua e inevitable de la vida en la Tierra. Las dos fuentes principales de radiación natural son los rayos cósmicos provenientes del sol y del espacio exterior que inciden en la atmósfera y los nucleidos radiactivos presentes en la capa superficial de la Tierra (como el gas noble Radon, presente en el agua y materiales sólidos de construcción principalmente) y están diseminados en el medioambiente, incluyendo dentro del propio cuerpo humano. La proporción de las distintas fuentes de radioactividad, naturales y artificiales, que una persona recibe anualmente en promedio, se muestra en la Gráfica 5. Las fuentes artificiales, producto de la actividad humana suman el 19%, del cual la mayoría, 15% es por el uso de técnicas nucleares en medicina. El restante 81% es radioactividad natural.



Gráfica 5. Distribución porcentual de la radiación promedio recibida anualmente por la población mundial. Datos tomados de UNSCEAR (www.unscear.org)

Diferentes zonas de nuestro planeta tienen grados variables de radiactividad; por ejemplo, las arenas negras que hay en la costa rochense son ricas en un mineral llamado monacita, que tiene elementos radiactivos. Estos niveles naturales de radiactividad no afectan la salud de las personas, e incluso algunos creen que pueden resultar beneficiosos para la salud humana. El sol (y los rayos cósmicos) son la principal fuente de emisiones radiactivas, tanto que los trabajadores de la industria aeronáutica que vuelan frecuentemente a grandes alturas (pilotos, azafatas) son quienes más expuestos están a niveles altos de radiación a lo largo de sus vidas (aun comparando con trabajadores de reactores nucleares o de la industria nuclear).

También existe en el ambiente, radiactividad de origen artificial generada por la

actividad humana. Ejemplos de esto son las radiaciones resultantes de las pruebas de armamento nuclear, fabricación de armamento nuclear, producción de energía nuclear, producción de radioisótopos para usos variados y accidentes nucleares (informe técnico de UNSCEAR citado arriba).

Las personas se someten, además, a niveles adicionales de bajo riesgo (si consideramos el balance entre riesgo y beneficio) debido a la radiación artificial recibida a través de algunas técnicas de diagnóstico médico como las radiografías, o algunos tratamientos médicos que utilizan radiactividad. O sea, la utilización de técnicas nucleares para la medicina o la industria es un recurso ampliamente utilizado que, a nivel popular, pocas veces se cuestiona y que pocas veces se vincula con temas de riesgos o seguridad en el manejo. Sin embargo estas actividades generan desechos radioactivos importantes de difícil manejo por parte de las autoridades y la sociedad. Dónde depositarlos, cómo gestionarlos, quién es la autoridad responsable, son preguntas que cualquier país necesita responder.

La radiactividad, o radiación ionizante, incluye los rayos X, gamma, neutrones, partículas alfa y beta. Las radiaciones ionizantes siempre tienen energía suficiente para romper enlaces moleculares y producir efectos biológicos en el ser humano. En altas dosis, estos efectos acumulativos pueden ser perjudiciales para la salud, o eventualmente beneficiosos, como ocurre en las terapias radiantes de medicina nuclear o radioterapia como tratamiento para el cáncer. No es ionizante la radiación de la luz ultravioleta, ondas de teléfonos móviles, ondas de radio, televisión, corriente continua, microondas, capaz de producir efectos fotoquímicos, calentamiento, etc.

Niveles altos de radiación ionizante causan daño a las células humanas, en algunos casos matándolas y en otros modificándolas lo cual puede resultar en varios tipos de enfermedades y lesiones, así como cáncer, modificaciones genéticas que llevan a enfermedades congénitas y malformaciones (la autoridad en estos temas es UNSCEAR en cuya página *web* están disponibles todos los informes).

Es frecuente el uso de radiaciones nucleares en la industria, particularmente en la esterilización de alimentos o materiales (por ejemplo elementos desechables e instrumentos utilizados en medicina), en la detección de defectos en materiales de construcción, tuberías, ensamblajes, así como en detectores de nivel y diversos mecanismos de detección.

Los reactores nucleares de potencia son los que se utilizan para generar energía nucleoelectrónica. Todos los reactores disponibles comercialmente utilizan uranio como combustible y un sistema de refrigeración basado en agua, gas o metales líquidos. El uranio se extrae a través de la minería, se purifica y se enriquece antes de constituirse en combustible. Esto último implica cambiar su composición (alta en U238) para que tenga mayor proporción de isótopo radiactivo (U235).

Actúan además con "moderadores" (sustancias encargadas de disminuir la velocidad de los neutrones que participan en la fisión y que por tanto permiten que ocurra la misma). Los moderadores pueden ser: agua liviana (agua común), agua pesada (dos átomos de deuterio sustituyen a los dos átomos de hidrógeno de la molécula del agua, resultando en D2O) presente en pequeñas cantidades mezclada con el agua común y extraíble mediante métodos de destilación o grafito. Los reactores con agua pesada como moderador, pueden utilizar uranio natural (evitando el proceso de enriquecimiento que, además de que consume energía, debe ser importado). Todos

estos detalles técnicos son tenidos en cuenta a la hora de pensar, desde el punto de vista económico, tecnológico y de dependencia, en la posibilidad de utilizar esta tecnología.

Los distintos reactores son clasificados de acuerdo a sus sistemas de refrigeración y sus moderadores:

- Agua liviana como moderador y refrigerante: a presión (PWRs) o agua en ebullición (BWRs). Utilizan uranio enriquecido como combustible.
 - Agua pesada como moderador y refrigerante (HWRs). Los que utilizan agua presurizada (PHWRs) son más conocidos como CANDU, y no requieren de uranio enriquecido sino que funcionan con uranio natural como combustible.
 - Gas como refrigerante y grafito como moderador (GCRs)
 - Agua liviana como refrigerante y grafito como moderador (LWGRs)
- Todos estos son reactores térmicos que usan el moderador para disminuir la velocidad de los neutrones.
- Los reactores Fast Breeders (FBRs) no utilizan moderador, y la fisión es producida por neutrones rápidos. Estos reactores usan metales líquidos como refrigerantes. Los FBRs son muy poco utilizados para la generación de energía eléctrica.

La tecnología disponible para los reactores nucleares de potencia ha ido avanzando mucho, se identifican distintas fases a lo largo de los avances, denominadas generaciones. La generación I está formada por los primeros reactores de potencia, que eran pequeños (en Rusia funcionó hasta comienzos de este siglo un reactor de 54 MWh) y que hoy en día no están en funcionamiento. La mayoría de los reactores que están actualmente en funcionamiento pertenecen a la generación II. La generación III está constituida por reactores muy mejorados, ya construidos en Francia y en Japón. Algunos se han instalado también en países nórdicos. Existe también la generación III+, formada por los reactores más nuevos que se están construyendo, el de Finlandia pertenece a esta generación. Estos reactores están pensados para ser más simples, más seguros y menos costosos que la generación II. Finalmente se habla de generación IV para el caso de reactores innovadores, que están siendo desarrollados o que operan a nivel de prototipo. Estos reactores no estarán disponibles comercialmente antes de 2020 y hasta 2040. Algunos de ellos serán pequeños, podrán utilizar una mezcla de combustibles (incluyendo el Torio, que es abundante en Uruguay), arrojarán menos desechos y serán más seguros (Suárez Ántola, 2009)⁶.

Uranio: el combustible nuclear

El principal combustible básico de un reactor nuclear de potencia es el uranio. Existen yacimientos en distintos países, el país que más yacimientos tiene es Australia (ver tabla 2).

Tabla 2: Reservas probadas de uranio en 2007

Australia	23%
Kazakhstan	15%
Rusia	10%
Sudáfrica	8%
Canadá	8%

⁶ Roberto Suárez Ántola. La Energía Nuclear, aspectos científicos, técnicos, y sociales de la conversión núcleo-eléctrica, 2009.

USA	6%
Brasil	5%
Namibia	5%
Nigeria	5%
Ucrania	4%
Jordania	2%
Uzbekistán	2%
India	1%
China	1%
Mongolia	1%
Otros	4%
Total	100%

Según el Informe Técnico de Uruguay (citado más arriba), basándose en el consumo actual mundial habría suficiente uranio para abastecer el consumo anual durante unos 80 años. Si a esto se suman las reservas probables, el abastecimiento sería suficiente durante otros 100 años. Hoy en día solamente el 60% de la demanda proviene de las minas, ya que el otro 40% proviene de excedentes: armas nucleares desmanteladas, inventarios militares, reprocesamiento de uranio quemado, etc. Este hecho lleva a que el precio barato actual del uranio sea artificial ya que el uranio que se utiliza como combustible para los reactores no proviene, en su mayoría, de las minas.

Sin embargo, hay grupos ecologistas a favor de la energía nuclear que sostienen que el uranio es una fuente prácticamente infinita de combustible y que su costo es muy reducido (ver por ejemplo: Ambientalistas por la Energía Nuclear: <http://www.ecolo.org/base/basesp.htm>). Otros grupos que se oponen al uso de energía nuclear atribuyen el bajo precio del uranio al decline de la demanda luego de la Guerra Fría y consecutivo desarme, situación que no se prolongará si se incrementa la demanda para combatir el cambio climático, ya que deberán explotarse nuevas minas, más profundas y menos productivas (por ejemplo: Conosur Sustentable y Greenpeace, dos ONGs que compartieron el informe Los Mitos de la Energía Nuclear, 2006 que se adjunta). Por otra parte la abundancia actual y el bajo precio del uranio hacen que no sea necesario por el momento explorar nuevos yacimientos e incluso hay minas que permanecen cerradas por falta de demanda.

Aún así, dado que los reactores utilizan volúmenes bajos de combustible (el uranio tiene un gran rendimiento energético), posibles variaciones en el precio no tendrían un gran impacto en el costo de la generación de energía en comparación con otras fuentes que utilizan mayores volúmenes de combustible como es el caso del carbón. El costo de la energía nuclear es más dependiente del precio de construcción de las centrales que del precio del combustible.

La actividad minera de extracción de uranio genera una cantidad importante de material radiactivo que, incluso luego de cerrada la mina, puede emitir radiaciones más elevadas que las naturales al ambiente. Es por ello que se exigen controles de los componentes radiactivos que deben permanecer bajo control en depósitos durante mucho tiempo. El proceso de separación del uranio del resto de los minerales con los cuales se encuentra en estado natural también emite radiactividad. En las minas, si no hay controles adecuados, los trabajadores están expuestos a polvo radioactivo y a gas radón, presentando riesgos de desarrollar cáncer de pulmón y otras enfermedades. La ventilación de las minas, si bien reduce el riesgo de los trabajadores de contraer

enfermedades, puede liberar polvo y gas de radón, lo que incrementaría la insalubridad de los habitantes de la zona. Sin perjuicio de lo expuesto, debe destacarse que existen prácticas para las operaciones mineras del uranio que aseguran una adecuada inserción en el ambiente. Una cuidadosa gestión ambiental, y un manejo transparente de la información en las actividades mineras, resulta indispensable para la extracción del uranio (para más detalle ver el Informe Técnico de Uruguay)

Argumentos y contra-argumentos en relación a la visión de la energía nuclear como una solución verde

Uno de los argumentos más utilizados por los promotores de la energía nuclear es que se trata de "energía limpia" lo cual significa que no libera gases de efecto invernadero a la atmósfera y por tanto no contribuye al calentamiento global. A pesar de que aceptan que el reactor nuclear no libera CO₂ en su funcionamiento, los críticos sostienen que si se tiene en cuenta todo el proceso -la extracción de uranio, su purificación, enriquecimiento, traslado y la posterior disposición de los residuos- cantidades considerables de CO₂ son liberadas. Según el Informe Técnico de Uruguay la liberación de CO₂, teniendo en cuenta todo el proceso, sigue siendo comparativamente mucho menor a la que libera cualquier otra fuente de energía, teniendo en cuenta las renovables, el carbón y el petróleo. Si bien la energía nuclear se coloca siempre entre las que emiten menos CO₂, hay controversias sobre su emisión en comparación a las energías naturales como la hídrica, la eólica o solar. Algunas fuentes de información la ubican como la de menor emisión teniendo en cuenta todo el proceso, mientras que otras la consideran más emisora que las energías naturales. Al respecto se puede señalar que los datos varían de acuerdo a qué aspecto del proceso de la utilización de cualquiera de las energías se considera. Por ejemplo, la construcción de represas hidroeléctricas involucra grandes cantidades de cemento cuya manufactura tiene un impacto de CO₂ considerable que a veces no es tenida en cuenta.

En el año 2004 el diario inglés *The independent* publicó un artículo titulado "La energía nuclear es la única solución verde". Su autor era el biólogo James Lovelock, conocido autor de la "Hipótesis Gaia" (según dicha hipótesis la atmósfera y la parte superficial del planeta Tierra se comportan como un todo coherente donde la vida, su componente característico, se encarga de autorregular sus condiciones esenciales tales como la temperatura, composición química y salinidad en el caso de los océanos). El artículo ha tenido y sigue teniendo una gran repercusión en los medios de comunicación y sus argumentos son utilizados por aquellos partidarios de la energía nuclear.

En el artículo el autor apela a la gravedad del efecto invernadero para convencer sobre la necesidad urgente de disminuir la emisión de los gases que provocan su incremento para evitar una catástrofe ambiental. Y su mensaje es claro: la necesidad de establecer urgentemente un nuevo modelo energético que no esté basado en los combustibles fósiles. La energía nuclear, para el autor, sería una solución.

Muchos autores han señalado las debilidades de dicho argumento. Jeremy Rifkin por ejemplo, planteaba en un artículo en El País de Madrid (2 de diciembre de 2007) a ese respecto que la energía nuclear es "la más subvencionada y favorecida de la historia, y no es solución alguna. Sólo proporciona el 5% de la energía mundial. Cuatro de cada nueve de las cuatrocientas centrales existentes en el planeta son viejas. Y sólo con las

400 existentes ya habría déficit de uranio para 2025"⁷ . La dificultad de precisar datos de abundancia de este mineral, y su vinculación con la dificultad de extracción, es uno de los puntos de mayor controversia vinculado a costos.

Incluso en Francia, uno de los países mencionados como líder en la utilización masiva de energía nuclear, el porcentaje de energía de este origen no llega al 20%. Es cierto que a veces se afirma que en Francia este porcentaje es de un 80%, pero ése es el porcentaje que corresponde a la producción de electricidad. De hecho, el consumo de productos petrolíferos por cápita en Francia es similar al del conjunto de la Unión Europea (Vilches & Gil Pérez, 2008).

Rifkin plantea, además, la necesidad de una *Tercera Revolución Industrial* que debe suponer el uso exclusivo de las energías renovables, energías descentralizadas organizadas por comunicaciones descentralizadas.

Las energías renovables comienzan a dejar de ser simples promesas de futuro. Los parques eólicos y los paneles fotovoltaicos, por ejemplo, constituyen ya una realidad en fuerte expansión en algunos países. Sin embargo no gozan en muchos otros de gran impulso, debido en parte a los intereses de muchas compañías de electricidad y de los grupos de presión petroleros⁸. Tampoco se puede señalar, según estos autores, que las energías renovables constituyan la solución para desplazar los combustibles fósiles y evitar el cambio climático. Pensar en una solución puramente tecnocientífica a la grave situación de emergencia planetaria a la que se enfrenta hoy la humanidad constituye un mito muy extendido que es preciso cuestionar. Desde este punto de vista es preciso un conjunto de medidas que van desde la reducción del consumo y el impulso de una mayor eficiencia energética, a un estímulo a programas de educación ambiental e instituciones plenamente democráticas con capacidad de evitar la imposición de intereses particulares a corto plazo. Para una lectura en más profundidad sobre estos intereses y posibles soluciones, ver artículo adjunto del boletín del OIEA.

Contra el argumento de Lovelock también se ha mencionado que son tantos los problemas asociados a su utilización (los ya mencionadas toneladas de residuos de media y alta actividad, los peligros asociados al transporte y manipulación de los materiales radiactivos; la posibilidad de accidentes o de atentados, cuya prevención (hipotética) requiere costosas medidas de seguridad), que no compensa el hecho de que emita menos CO2.

Otro argumento esgrimido por los partidarios de la energía nuclear es que de un gramo de uranio se obtiene tanta energía como de una tonelada de carbón o petróleo. También se sostiene que el volumen de los residuos nucleares es un millón de veces más pequeño que el de los residuos de combustibles fósiles. Se suele utilizar la imagen

⁷ Jeremy Rifkin, economista norteamericano presidente de *The Foundation on Economic Trends* ha escrito numerosos libros sobre el impacto de la ciencia y la tecnología en la economía, en la sociedad y el medio ambiente, entre ellos *Entropía: hacia el mundo invernadero* (Urano, 1990), *Las Guerras del Tiempo, El Siglo de la Biotecnología* y *El sueño europeo* (Paidós, 2004). En 1995, su libro *El fin del trabajo* se constituyó en un "best seller", punto obligado de referencia y objeto de fuertes controversias, tanto en los escenarios políticos como académicos

⁸ Denuncia de Vilches y Gil Pérez, académicos españoles vinculados a la reflexión sobre comunicación de la ciencia y la tecnología, en la revista EUREKA, disponible en: http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen5/Numero_5_1/Vilches%20y%20Gil-P%E9rez_2008.pdf

de que el volumen de residuo nuclear que genera una familia en Francia durante toda su vida es del tamaño de una pelota de golf (*Benefits of Nuclear*, Documento elaborado por APEN - Ambientalistas por la Energía Nuclear - disponible en inglés en <http://www.ecolo.org/base/basesp.htm>). Los críticos, a su vez, sostienen que esta imagen solamente tiene en cuenta los residuos de alta radiactividad que son en realidad una pequeña fracción de la totalidad de los residuos que se producen. Por cada metro cúbico de residuo de alta radiactividad se generan 240 de baja radiactividad y 16 de media. Esto sin tener en cuenta las emisiones que resultan del procesamiento del residuo y de la minería del uranio (Fuente: Mitos de la Energía Nuclear, citado más arriba).

¿Qué ocurre con los residuos nucleares?

Las diferentes tecnologías nucleares, no solamente las dirigidas a la producción de energía eléctrica, generan residuos que se degradan con el tiempo y que emiten radiación ionizante (radiactividad). Estos residuos poseen distintos tiempos de degradación; en general, cuanto más radiactivos son, menos tiempo demoran en degradarse y viceversa. De todas formas los tiempos de degradación de los que presentan más radiactividad son de la magnitud de unos 10 mil años.

Los reactores nucleares de potencia generan tres tipos de residuos nucleares: de alta, mediana y baja radiactividad. Los de baja y mediana radiactividad se almacenan en depósitos sellados y seguros sobre la superficie. Deben mantenerse seguros unos 2 o 3 mil años. Muchos años de estudios y experiencia han probado, según el Informe Técnico de Uruguay, que es un mecanismo simple y seguro (aunque se trata de períodos de tiempo tan largos que la previsión de las circunstancias y factores que puedan modificar el contexto no está exenta de incertidumbre). Es la forma como Uruguay dispone de los residuos radiactivos que provienen del sector médico.

Los residuos de alta radiactividad son los que presentan mayores desafíos. Estos se componen en un 96% de uranio y plutonio, elementos que pueden ser reutilizados para producir más energía. Sin embargo, son pocos los países que cuentan con la tecnología necesaria para reciclar estos elementos, por lo que muchos países almacenan los residuos sin reciclarlos (Estados Unidos, Canadá, Suecia o Finlandia). El reprocesamiento de los residuos genera a su vez otros residuos que, a pesar de tener bastante menos volumen, siguen siendo altamente radiactivos.

Los residuos liberan calor durante las primeras decenas de años, por lo cual deben almacenarse en frío durante ese tiempo. Luego de esto, deben almacenarse en forma segura durante unos 100 mil años o más. Los primeros 10 mil años de esta segunda etapa son críticos ya que luego de este tiempo sólo subsisten sustancias de baja radiactividad. Este punto ha desencadenado muchas críticas por parte de los opositores a la energía nuclear que sostienen que es imposible establecer que un depósito es seguro y lo será durante todo ese tiempo.

Hoy en día, gran parte de los residuos nucleares de alta actividad está aún en la primera etapa de almacenamiento en piscinas dentro de las plantas nucleares. Quienes sostienen que el problema de los residuos nucleares está resuelto, se refieren a esta primera etapa pero lo que sucede con los residuos luego de esto es incierto. Otro punto de debate. Los países han elegido diversos caminos para la segunda etapa, algunos se proponen reprocesar los residuos (Francia, Japón, Inglaterra y Rusia), otros, almacenarlos en depósitos intermedios a la espera de avances tecnológicos que permitan un almacenamiento seguro y definitivo, y otros piensan almacenarlos en

forma definitiva en capas geológicas profundas y sin disturbios según recomiendan los estudios y ensayos predominantes hoy en día. Miles de millones de dólares se han invertido en estudios para determinar la forma más segura de almacenamiento (Informe Técnico de Uruguay).

Aunque al momento actual no existen instalaciones para la disposición definitiva de los residuos de instalaciones nucleares en operación, los países adoptan previsiones económicas con estos fines, a través de la acumulación de un fondo que se obtiene de la venta de energía.

La seguridad de los reactores nucleares

Uno de los argumentos que más se ha mantenido en la opinión pública en contra de la energía nuclear es su falta de seguridad. Esto se ha dado principalmente por el impacto de los accidentes de Chernobyl en 1986 (en la actual Ucrania) (ver cuadro 9) y de *Three Mile Island* (EEUU) en 1979.

Es muy difícil determinar cuántas de las muertes y enfermedades que han existido desde el accidente de Chernobyl son debidas al mismo, excepto en los casos de cáncer de tiroides. Las proyecciones indican que entre las poblaciones más expuestas (servicios de emergencia, evacuados y residentes de las zonas de control estricto) la mortalidad total por cáncer podría incrementarse debido al accidente de Chernobyl. Intentando establecer una proporción, a las 100 mil muertes por cáncer esperables en la población debido a otras causas, se podrían sumar unas 4 mil más debido a Chernobyl, según UNSCEAR.

En el caso de *Three Mile Island*, el peor accidente ocurrido en Occidente, la radioactividad liberada quedó confinada en su casi totalidad dentro de la estructura de contención de concreto del reactor nuclear que cumple la función de protegerlo en casos de accidente por explosión (y que estaba ausente en el reactor de Chernobyl). No hubo muertes ni irradiaciones serias para la vida de las personas, aunque hay grupos ecologistas que denuncian aumento de cánceres, malformaciones congénitas y daño psicológico a raíz del accidente.

Los defensores de la energía nuclear sostienen que ha tenido menos accidentes y cobrado menos víctimas en medio siglo, que las ocurridas en cualquier año en las industrias de quema de combustibles fósiles. Sin embargo hay decenas de incidentes cada año que no causan víctimas pero dan cuenta de que la tecnología falla aunque se enfatice lo contrario (datos aportados por G. Honty).

El informe de ConoSur Sustentable y Greenpeace (Los Mitos de la Energía Nuclear) sostiene que el funcionamiento normal de los reactores provoca niveles sostenidos de radiación ionizante que llega a la población y se acumula con el tiempo. Este informe menciona el ejemplo del estudio llevado a cabo en Florida, EEUU, sobre el hallazgo de concentraciones del isótopo radiactivo estroncio 90 en dientes de leche de los niños, que no existe en estado natural. También sugiere que el aumento de casos de cáncer en niños en la década de los 50 puede deberse al aumento de radiaciones provenientes de centrales nucleares. Sin embargo, el hallazgo de estroncio en los dientes de leche se ha detectado también en niños de otros países y se lo ha relacionado con el *fallout* (radiación residual presente en el ambiente como consecuencia de explosiones nucleares realizadas para testar armamento). Concretamente se ha encontrado estroncio 90 en dientes de leche de niños uruguayos,

en un estudio realizado por el Dr. Servián (dato aportado por Eduardo Touya, asesor del proyecto).

Cuadro 9 – El accidente de Chernobyl según UNCSEAR

UNCSEAR es el Comité Científico de Naciones Unidas sobre los efectos de la radiación atómica. Fue establecido en 1955 para asesorar y reportar niveles y efectos de la exposición a la radiación ionizante. Según su sitio web, (http://www.uncsear.org/uncsear/en/about_us.html) gobiernos e instituciones de todo el mundo confían en las estimaciones y bases científicas que establece el Comité para la evaluación de riesgos y el establecimiento de medidas de protección. Exponemos aquí su asesoramiento respecto al accidente de Chernobyl.

El accidente de Chernobyl, catalogado como el peor y más grave de la historia, fue causado por una explosión que liberó grandes cantidades de material radiactivo a la atmósfera que se expandió gracias a los vientos sobre gran parte de Europa. Esto fue debido a varios factores: un diseño de reactor inestable, una serie de errores humanos en su operación, omisiones de procedimientos de seguridad durante la prueba en que ocurrió el accidente y la falta de coraza protectora que impidiera la liberación de materiales radiactivos al ambiente. Los materiales radiactivos liberados, principalmente yodo y cesio, son los causantes de la mayor parte de los problemas de salud detectados como consecuencia del accidente. El 131 yodo tiene un período de semi-desintegración (en que se reduce a la mitad el número de átomos aunque algunos subsisten por muchos años) de 8 días y es el causante de la gran mayoría de los casos de cáncer de tiroides que fueron detectados en niños que la ingirieron a través del aire y de la leche proveniente de vacas que habían pastado en la región (más de 4 mil casos diagnosticados desde 2002, la mayoría tratados y con prognosis favorables). El 137 cesio tiene período de semi-desintegración mucho más largo (30 años) y todavía puede detectarse en el suelo. Los mayores depósitos de estos elementos se encuentran en grandes áreas de la entonces Unión Soviética, hoy Bielorrusia, la Federación Rusa y Ucrania. No hay evidencia de que otros cánceres o que la leucemia, se hayan intensificado como consecuencia del accidente.

La información acerca del accidente, la dispersión de material radioactivo y las precauciones a tomar, inicialmente no estuvieron disponibles para las personas afectadas. La información permaneció incompleta y muchas veces no disponible durante años luego del incidente, lo cual llevó a que no se tomaran los cuidados necesarios y a impactos sobre la salud de las personas que podrían haberse evitado.

Niveles de radiación recibidos por los diferentes implicados (mSv):

Trabajadores de emergencia (1986–1989) 600 mil personas	~100
Evacuados de áreas altamente contaminadas (1986) 116 mil personas	33
Residentes de áreas de control estricto (1986–2005) 270 mil personas	>50
Residentes de otras áreas contaminadas (1986–2005) 5 millones	10–20
Dosis natural de radiación durante la vida	100-700 mSv

Otro tema que marca una gran diferencia con otras formas de generación de energía es el calificado y extenso número de profesionales y técnicos a todo nivel que necesitan una larga y cuidada preparación para poder operar no solo reactores, sino también las radiaciones ionizantes en los diferentes ámbitos. Un profesional de alto nivel en el área precisa cerca de una década de entrenamiento profesional y de prácticas. Si bien los accidentes en su mayor parte se han debido a fallos en la ejecución de los protocolos de operación, y en menor grado a deficiencias técnicas, esto hace resaltar el delicado papel de los controles y organismos responsables en las

tecnologías nucleares.

La energía nuclear, por su triste historia, tiene grados de exigencia y control muy altos que colaboran en su imagen de tecnología riesgosa. Sin embargo, cabe analizar estos datos en un contexto más amplio que considere también los riesgos de otras tecnologías. La magnitud de lo ocurrido con BP en el Golfo de México es un ejemplo de esto último.

Factores económicos

Hay una gran polémica respecto a los costos de la energía nuclear: algunos subrayan los altos costos de construcción, mientras que otras voces destacan los costos de funcionamiento, que son relativamente menores gracias al bajo costo actual del uranio (Squassoni, 2009 boletín OIEA adjunto).

Una de las grandes críticas a la energía nuclear son los grandes costos involucrados en la construcción de la infraestructura necesaria y la compra de los reactores. El precio acordado inicialmente es superado una vez finalizado el proyecto en la gran mayoría de los casos debido a la extensión de los plazos que normalmente lleva este tipo de emprendimiento. Incluso se sostiene desde ámbitos políticos que actualmente es difícil encontrar compañías constructoras respetables en EEUU o Europa que estén dispuestas a atenerse a cualquier estimación de costos para construir una central nuclear (Gore, 2010).

Hay que tener en cuenta que dentro del cálculo de los costos se incluyen todos los aspectos implicados, tanto la compra de combustible que utilizará el reactor durante su vida útil, hasta la disposición de los desechos, cosa que no ocurre con otros tipos de energía. Según el informe de Greenpeace y ConoSur Sustentable (ya citado) los costos de cerrar una central nuclear son casi los mismos que abrir una nueva. A esto se suma que la vida útil de un reactor es de aproximadamente 60 años de acuerdo a las licencias que se han ido extendiendo en los últimos años y que prolongan la vida útil de los reactores más modernos, luego de lo cual debe cerrarse.

El presente y futuro de la energía nuclear

Luego de su auge en los años 70, la industria nuclear sufrió un retroceso debido al accidente de Chernobyl en los años 80 y a diferentes movimientos sociales y ambientalistas que alertaron sobre los riesgos de esta tecnología. La visión preponderante parece ser que actualmente hay un interés creciente en la opción nuclear, impulsado fundamentalmente por la necesidad de resolver el problema del calentamiento global volcándose a fuentes energéticas que no liberen gases de efecto invernadero (ver pág. 2 y cuadro 1). Hoy en día Francia es uno de los países líder en la producción de esta energía, y hay varios proyectos de construcción de nuevas centrales en varios países, principalmente de Asia. El impacto que el accidente de Chernobyl tuvo en Europa generó mucho rechazo en la opinión pública de los distintos países, sin embargo actualmente algunos han manifestado el interés por reflotar la opción nuclear, como Inglaterra y Bélgica. Además existe actualmente un reactor nuclear en construcción en Finlandia.

Actualmente se registran unos 36 reactores nucleares en proceso de construcción, principalmente en China (7), Rusia (7) e India (6). Asimismo, la construcción de otros 50 nuevos reactores se encuentra en proceso de estudio: China tiene planeados

construir 26 nuevos reactores, Japón 11, India 10 y Rusia 12, entre los países más destacados (datos del Informe Técnico de Uruguay).

En Estados Unidos, por su parte, 15 plantas nucleares (24 reactores) se encuentran en proceso de licenciamiento. En nuestra región, Argentina, Brasil y México, los tres países que poseen plantas nucleares para generación eléctrica, han resuelto en los últimos años relanzar sus planes nucleares. En particular, nuestros dos vecinos inmediatos tienen cada uno una planta en construcción, en Brasil la central Angra III y en Argentina se ha retomado la construcción de la central Atucha II.

De acuerdo a la información proporcionada por los expertos de OIEA en ocasión de su visita a Uruguay a fines de junio de 2008, alrededor de 50 países que no poseen hoy plantas nucleares se encuentran considerando la posibilidad de esta opción.

No obstante, en el informe Los Mitos sobre la Energía Nuclear, se manifiesta que el crecimiento de la industria nuclear en un mito y que son más los reactores que se cierran que los que se construyen indicando en realidad un decline. Según su informe, el crecimiento de la industria se limita a los países asiáticos que enfrentan problemas de escasez de recursos naturales y gran crecimiento demográfico y su consecuente aumento de la demanda energética. En Europa, el número de reactores en construcción no alcanza mínimamente para sustituir a las unidades en funcionamiento que deberán ir cerrando con el tiempo. Aparte del reactor en construcción en Finlandia, no se ha efectuado ningún nuevo pedido desde 1980 lo cual constituye un solo pedido en 25 años. Este argumento es rebatido por los defensores de la energía nuclear quienes manifiestan que el número de reactores no es un indicador del aumento o reducción del uso de energía nuclear dado que los avances en la tecnología permiten producir más energía con menos reactores, modernos y eficientes. Además, los nuevos avances permiten ciertas actualizaciones para extender la vida útil de los reactores ya existentes lo cual también reduce la necesidad de construir nuevos.

El informe mencionado en el párrafo anterior destaca que en Argentina los dos reactores que existen actualmente (Embalse y Atucha I) suministran menos del 9% de la electricidad y el 3% de su energía primaria comercial. Brasil dispone de dos reactores nucleares que suministran al país el 4 % de su electricidad y menos del 2 % de su energía primaria comercial.

El Informe Técnico de Uruguay señala también que en Europa (Alemania, Inglaterra, Bélgica, Italia, España y Suecia), varios países detuvieron la construcción de nuevas centrales nucleares aunque no es el caso de Francia, que ha destacado la importancia de la tecnología nuclear en términos de su robustez económica y su relevancia en el suministro de energía eléctrica. En mayo de 2006 se aprobó en Francia la construcción de un nuevo reactor el cual se encuentra en construcción. Finlandia también está construyendo un nuevo reactor de potencia (el quinto en este país) que se calculaba estaría pronto en 2009. La construcción de este reactor ha sufrido grandes demoras que han resultado en sobre-costos considerables. En el año 2009 se manifestó que la construcción estaría llevando 3 años más de lo estimado y su costo estaría en 1.7 billones de euros por encima de lo estimado inicialmente (www.psiru.org). En 2002, el voto del parlamento Finlandés para construir un nuevo reactor fue visto como muy significativo dado que era la primera decisión de construir una planta nuclear en Europa Occidental durante más de una década (<http://www.world-nuclear.org/info/inf76.html>). Una nota reciente del *New York Times* señala que el parlamento Finlandés acaba de votar la construcción de dos nuevas plantas nucleares

con lo que llegaría a tener siete reactores en total. Los 4 reactores actualmente en funcionamiento proveen a Finlandia del 28% de su energía eléctrica. Estos dos últimos reactores entrarían en funcionamiento en 2020. El mismo artículo también revela que el parlamento sueco votó en forma muy ajustada para renovar los reactores que están en funcionamiento actualmente en 10 plantas nucleares cuando éstos lleguen al límite de su vida útil. Esto marca un distanciamiento del referéndum realizado en 1980 que marcaba el fin de la energía nuclear para este país (http://www.nytimes.com/2010/07/02/business/global/02power.html?_r=1&scp=1&sq=Finland%20nuclear&st=cse).

Proliferación de armas y energía nuclear

Dado que muchos de los procesos y conocimientos involucrados en la generación de energía nuclear son similares a los de producción de armas nucleares, una de las críticas que se hace a esta forma de producción de energía es que conlleva riesgos de que en el mundo continúe la proliferación de armas nucleares y los riesgos que esto implica en países políticamente inestables y con grupos terroristas.

Uno de los subproductos del funcionamiento de un reactor de energía nuclear es el Plutonio que puede luego re-utilizarse como combustible para armas nucleares (previo aislamiento de otros subproductos). La capacitación de técnicos especializados en el uso de reactores nucleares con fines civiles genera a su vez saberes que se pueden aplicar a la elaboración de armamento nuclear.

Quienes defienden esta postura, como Greenpeace y otras organizaciones ambientales, manifiestan que detrás de la cortina legal de la producción de energía se esconde la generación de experiencia y conocimientos del uso de la energía nuclear con fines bélicos, algo directamente ligado a las ambiciones de algunos países en el ámbito de los juegos de poder y las relaciones internacionales. Esto aumentaría el atractivo de la generación de energía nuclear para los países que están jugando en esos terrenos, ya que cumpliría con dos objetivos: el de generar energía eléctrica y aumentar su poderío en sus respectivas regiones o en el mundo. Hoy en día existen grandes conflictos internacionales ligados a este potencial problema, basta mencionar el de la ONU con Irán por el programa nuclear que este país pretende desarrollar. A su vez, el uso mixto militar y eléctrico que pueden tener los reactores nucleares distorsiona los precios asociados a la producción de energía eléctrica, tanto para la construcción de reactores como también para el costo del uranio. Muchos reactores utilizados para generar electricidad utilizan combustible usado proveniente del desarme nuclear, lo cual abarata los precios del uranio.

Sin embargo otros (Joubanoba y Campanella, 2008) afirman que hoy en día la producción de energía núcleo-eléctrica no está ligada a la proliferación de armas nucleares y que el plutonio que se genera como subproducto de los reactores de potencia (generadores de electricidad) está siendo reciclado como combustible para ser utilizado nuevamente en este tipo de reactor. El plutonio puede ser combinado con uranio para producir un combustible de Mezcla de Óxidos (MOX por sus siglas en inglés) con lo cual queda inhabilitado para su uso como combustible de armamento pero puede seguir utilizándose para producir electricidad. El reciclaje y uso generalizado del plutonio para la producción de combustible MOX eliminaría los peligros de que el plutonio que se genera en los reactores de potencia pueda ser utilizado como combustible de armas nucleares. No todos los reactores actuales pueden usar MOX como combustible. El reprocesamiento de combustible que se hace

actualmente ocurre mayormente en el Reino Unido y Francia, y en menor medida en Japón y Rusia.

Reglamentación internacional

El Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), perteneciente a las Naciones Unidas, tiene como fin promover y controlar el uso pacífico de la energía nuclear. Este organismo se encarga de dictar los lineamientos y la reglamentación necesaria para la implementación de programas nucleares en el mundo. Cada país que desea considerar la opción nuclear debería seguir un protocolo de recomendaciones establecido por el OIEA. Este protocolo tiene distintas fases que cumplir a la hora de considerar el camino nucleo-eléctrico:

Fase Uno: incluye el estudio con base a talleres y estatutos internacionales, de los diferentes procesos y necesidades. Sólo al final de esta etapa técnica es cuando el país formalmente puede decir sí toma la decisión de iniciar el camino nuclear.

Fase Dos: es la de la construcción de la estructura necesaria, solidificar la unidad reguladora que se encarga del aspecto de seguridad, construir el marco legal y constitucional, comenzar a formar los recursos humanos y estudiar la tecnología adecuada. Esta fase culmina con la definición de la central que se instalará en el país y de su tecnología.

Fase Tres: es la de compra de tecnología, la negociación internacional para conocer qué realizarían los proveedores con los residuos que genera la industria, y culmina con la construcción de la central.

Fase Cuatro: es el comienzo de la operatividad en sí misma de la central.

Como parte del protocolo establecido para la Fase 1 (en que se encuentra nuestro país) el OIEA plantea interrogantes en torno a 19 temas, que deben ser respondidas antes de pasar a la fase 2. A continuación listamos estos temas:

1. Posición nacional
2. Seguridad nuclear
3. Gestión
4. Financiamiento y fondos
5. Marco legislativo
6. Salvaguardas
7. Marco regulatorio
8. Protección radiológica
9. Matriz eléctrica
10. Desarrollo de recursos humanos
11. Involucramiento de implicados
12. Locación e infraestructura
13. Protección ambiental
14. Plan de emergencia
15. Seguridad y protección física
16. Ciclo de combustible nuclear
17. Deshechos radiactivos
18. Involucramiento industrial

19. Condiciones para la eventual licitación

Resulta interesante detenerse en las recomendaciones del OIEA respecto al involucramiento de la ciudadanía (en el punto 11). Las condiciones dentro de este punto son dos:

- a) el inicio de un fuerte programa de información pública y de educación
- b) la necesidad de una comunicación e interacción abierta y temporalmente adecuada respecto a los planes del programa nuclear que está siendo evaluado.

Los estándares de evaluación respecto al primer punto son la existencia de programas para determinar el grado de conocimiento y receptividad para el uso local de energía nuclear, programas de información pública y herramientas para explicar claramente las razones que tiene el gobierno para interesarse en un programa nuclear y los beneficios que este traerá para la sociedad, y planes de interacción con el público, líderes y otros implicados incluyendo países vecinos.

Para evaluar el segundo punto, se establece la existencia de programas de entrenamiento para la interacción entre portavoces e implicados, la evidencia de encuentros entre grupos de actores clave y un plan para el seguimiento de acciones y más encuentros. Finalmente se establece también un "plan para una participación pública apropiada que asegura la aceptación por parte del público de las decisiones tomadas"

Energía nuclear en Uruguay

En marzo de 2008 el ex presidente Vázquez pidió en el Consejo de Ministros que se estudiara la posibilidad de que el país cuente con energía atómica, fuente que actualmente está expresamente prohibida por ley. La ley 16.832 fue votada en 1997 bajo la presidencia de Sanguinetti y en su artículo 27 establece: "Prohíbese el uso de energía de origen nuclear en el territorio nacional. Ningún agente del mercado mayorista de energía eléctrica podrá realizar contratos de abastecimiento de energía eléctrica con generadores nucleares ni con generadores extranjeros cuyas plantas contaminen el territorio nacional"

Este artículo ha sido muy criticado, dado que la energía de origen nuclear se utiliza en nuestro país en medicina, además de que en casos en que hay que importar energía eléctrica, una parte de la misma proviene de fuentes nucleares fuera del territorio nacional.

En caso de derogarse esta ley, entraría en vigencia nuevamente una ley anterior: artículo 215 de la ley 16.226 de 29 de octubre de 1991. *"... la instalación en cualquier parte del territorio nacional de centrales nucleares de generación de energía eléctrica, públicas o privadas requerirá aprobación por ley".*

A partir de la disposición del gobierno a comenzar a pensar en esta posibilidad, se creó una comisión técnica para estudiar el tema energía nuclear. Esta comisión, integrada principalmente por técnicos de la Universidad de la República, elaboró un informe detallado sobre los distintos aspectos que integran el tema nuclear y recomendó la formación de un grupo que siguiera los pasos recomendados por la OIEA. Es de destacar que Uruguay no posee expertos en la generación de energía núcleo-eléctrica que residan en el país. Una comisión multipartidaria fue creada para ello. La misma

está integrada por representantes de cada partido político y tres especialistas del Poder Ejecutivo: uno del Ministerio de Salud Pública, uno de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, y el director nacional de Energía, Ramón Méndez. Esta comisión se encuentra en la Fase I propuesta por la OIEA, siguiendo el protocolo recomendado para poder definir si la generación de energía nucleoelectrica es una posibilidad para nuestro país. La fase uno demora entre 1 y 2 años para pronunciarse luego de estudiar el tema.

De continuarse, la fase dos correspondería al montaje de la infraestructura legal, la formación de juristas especializados y creación de la autoridad reguladora. En una tercera etapa de resolverían aspectos técnicos como el tipo de reactor a comprar, manejo de residuos, costos y llamado a licitación. La última fase correspondería a la construcción de la central. Estas fases se corresponden con el protocolo del Organismo Internacional para la Energía Atómica (OIEA) detalladas anteriormente.

Por su parte, la Red Uruguaya de ONGs Ambientalistas ya hizo pública su postura contraria a la instalación de una central nuclear por considerando, entre otras cosas, el tema de los residuos y la dificultad de encontrar en el territorio nacional un lugar para su disposición segura durante miles de años, la posibilidad de accidentes y su riesgo potencial, señalando que la reducción de emisiones de CO2 de Uruguay no justifica el cambio de generación eléctrica y proponiendo la incorporación de energías renovables y sustentables como la eólica, la solar, la térmica y la biomasa, más adecuadas según ellos para la escala nacional. Según un informe de la DINAMA (2008), disponible en: www.mvotma.gub.uy/dinama, el sector agropecuario es responsable del 80% e las emisiones uruguayas de gases de efecto invernadero, mientras que el 14% corresponde a la generación de energía (dentro de este porcentaje se encuentra la electricidad). La menor incidencia de la electricidad en las emisiones uruguayas estaría respaldando el argumento citado.

Factores locales a considerar

Para considerar la posibilidad de instalar una planta de energía nuclear en Uruguay es preciso considerar cómo se relacionan las características de la generación nucleoelectrica con la realidad de nuestra matriz energética y nuestra demanda. En este contexto, dos factores fundamentales son la cantidad de energía que Uruguay necesita producir, sus características y el tiempo que llevará construirla. Respecto a esto se expresa Gerardo Honty, coordinador del Programa de Energía del Centro Uruguayo de Tecnologías Apropriadas (CEUTA) en el documento La Opción Nuclear en el Uruguay de agosto de 2006 (adjunto)

Dada la variación de la hidraulicidad y las diferencias de consumo a lo largo del día y las estaciones (podemos pasar de requerir 200 MW en una tarde de verano a 1400 MW en una noche de invierno) se necesita una fuente energética que pueda "entrar y salir" del sistema más o menos rápida y frecuentemente. Esto ya de por sí solo dejaría afuera la opción nuclear en tanto son centrales para funcionar "en la base", es decir, todo el tiempo, pues son de muy lenta y costosa puesta en operación. Pero además, las centrales nucleares suelen ser de gran tamaño (por encima de los 700 MW) lo cual hace aún más difícil su inserción en el pequeño sistema uruguayo. Finalmente los tiempos de construcción de una central nuclear son del orden de los 10 años como mínimo, por lo cual es probable -dada la creciente demanda esperada- que haya que instalar otro tipo de

generación, de cualquier manera, antes de ese plazo. A menos que se piense en instalar una planta nuclear para exportar energía a la región. En ese caso el inversor deberá prever las mismas variables hacia el futuro (lluvia, precios, demanda e importaciones) pero en escala regional. Los beneficios de esta planta serían parciales para Uruguay, que podría consumir un 10% o 20% de su generación total y el resto sería exportado.

Según el Informe Técnico uruguayo, el tamaño adecuado para un reactor a instalarse eventualmente en nuestro país sería de no más de 300 a 400 MW, si se tiene en cuenta la regla del OIEA del 10% descrita en el próximo párrafo. "Si bien es técnicamente posible construir reactores de estas potencias, por razones económicas suelen diseñarse reactores de potencia mayor. No existe en la actualidad centrales que se estén ofertando comercialmente fuera de su país de origen y con diseño reciente, con potencias menores a 700 MW. Sin embargo, existe un conjunto importante de reactores pequeños en proceso de desarrollo... ninguno de ellos debería estar comercialmente disponible antes de 2018 a 2019".

Este argumento proviene de recomendaciones del OIEA, según el cual no es recomendable que la potencia de una central de generación (de cualquier fuente) exceda el 10% de la potencia total instalada en un determinado país. Es de aclarar que esta regla representa una guía que, aunque se tiene en cuenta, no siempre es posible o conveniente respetar sea cual sea la fuente energética. Una posible central nuclear en Uruguay, dados los tamaños comercialmente disponibles hoy en día, estaría superando enormemente este porcentaje, lo cual implica riesgos para la estabilidad del sistema. En este escenario, una posible salida de servicio intempestiva, ya sea por motivos de seguridad o mantenimiento, generaría un gran desbalance en todo el sistema eléctrico (Informe Técnico Uruguayo).

Un factor que se pretende tener en cuenta (y que ha sido mencionado como argumento a favor o en contra de la energía nuclear) es la utilización de fuentes autóctonas. En el caso de la energía nuclear se trataría de verificar la existencia de yacimientos de uranio en Uruguay. De todas maneras, teniendo en cuenta los volúmenes reducidos de combustible que utiliza un reactor nuclear, este factor no es determinante y no asegura independencia debido a que la tecnología que utilizan los reactores y que define los costos es importada. Uruguay no ha explorado exhaustivamente posibles yacimientos de uranio en su territorio. En caso de no tenerlos, sería posible comprar la totalidad del combustible que cada reactor utilizará durante su vida útil.

Respecto a la disposición de residuos, los que se generan actualmente provenientes de las prácticas médicas se almacenan de forma segura en el CIN (Centro de Investigaciones Nucleares), un centro de investigación universitario localizado en Malvín Norte, cerca de varios complejos habitacionales. El CIN albergó un reactor nuclear de investigación (diferente a los de potencia, ya que no tiene capacidad de liberar mucha energía) que luego fue desmantelado. Recientemente una delegación de expertos retiró gran parte de los residuos alojados en el CIN para luego almacenarlos en repositorios fuera del país, en el marco de una iniciativa de la Comisión Reguladora financiada por el OIEA. Sin embargo hay que tener en cuenta que los residuos que generara un posible reactor nucleo-eléctrico en nuestro país serían de un volumen y calidad muy diferente a los actuales y requerirían de otro tipo de cuidados sobre los cuales la experiencia de almacenamiento que existe en el CIN podría considerarse

insuficiente (comentario del Dr. Cristina, ex Director del CIN y actual Decano de la Facultad de Ciencias y asesor del proyecto).

Otro factor a considerar en cuanto a la conveniencia o no de instalar una central nucleoelectrica en Uruguay tiene que ver con aspectos de seguridad y formación de recursos humanos. Las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear y en especial la energía nucleoelectrica requieren en el mundo de hoy de una estricta seguridad tecnológica nuclear y de la más eficiente seguridad física nuclear.

La seguridad tecnológica nuclear debe enfrentar los riesgos de los accidentes nucleares que pueden implicar potenciales daños en grandes extensiones territoriales y de gran intensidad a nivel de todos los seres vivos, la seguridad física nuclear en el cuidado de los establecimientos y de las fuentes radiactivas se ha hecho crítica ante la inseguridad de nuestras ciudades y en particular por la amenaza del terrorismo internacional.

Elementos esenciales para estos dos niveles de seguridad es contar con recursos humanos técnicamente capaces, con una legislación y normativa específica, con una Autoridad Reguladora Nacional de Radio-protección independiente, plural y técnicamente formada en la materia.

Un programa nuclear del porte de la operación de una central nuclear y un reactor de potencia necesita además estar inserto en una sociedad civil con importante cultura de seguridad. Esto implica una sociedad que asuma comportamientos y conductas estrictas y rigurosas como las que hoy exige la seguridad aeronáutica en el control de las aeronaves, del pasaje, de las cargas y de los aeropuertos. El tema de la seguridad física y personal es hoy preocupante a nivel nacional y también se pueden reconocer indicadores a distintos niveles de una cultura de seguridad débil en nuestra sociedad civil (Servián. 2002⁹).

Los factores locales arriba mencionados están siendo estudiados actualmente. Según palabras del actual director de Energía, Ramón Méndez:

...una comisión de alto nivel está trabajando y han venido a Uruguay expertos del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) que han avalado y apoyado incondicionalmente el camino que estamos recorriendo. Han indicado que somos un país modelo en la forma que estamos encarando el tema, porque el tema nuclear es muy serio y un país ingresa en él por varias generaciones y no se puede dar marcha atrás. Además lleva años la construcción de la política, de un marco legal, institucional, comenzar la financiación, formar la autoridad reguladora de seguridad, estudiar las tecnologías, estudiar la disposición de los residuos, es decir todo un camino que, incluyendo el tiempo de licitación y construcción de la central, lleva, como mínimo, 15 años. Lo que estamos estudiando es para la década del 2020... En el caso de la comisión de alto nivel técnico, emitirá una opinión dentro de dos o tres meses la cual será elevada al Poder Ejecutivo. Además se discutirá con los partidos políticos y se resolverá cuál es la manera en que se presentará la información a la ciudadanía, para determinar si es una alternativa razonable para el país. El debate podría

⁹ Jorge Servián, La Necesidad de Instaurar una Cultura de Seguridad en el Uruguay. Intervención realizada por el autor en la reunión del "Center for Hemispheric Defense Studies" realizado en Brasilia en agosto de 2002.

comenzar el año que viene
(<http://www.larepublica.com.uy/politica/318917-vazquez-solicito-estudio-sobre-explotacion-de-energia-nuclear>).

Cabe preguntarse si Uruguay posee técnicos y profesionales relacionados con las ciencias físico-matemáticas especializados en las diferentes tecnologías nucleares que el país ya ha incorporado, y en relación a la posibilidad de contar con una planta de generación nucleo-eléctrica, o si se plantea alguna política al respecto. Algunas personas (como G. González y E. Touyá, asesores de este proyecto) destacan que tenemos un déficit importante en este punto y una carencia total si se considera la generación núcleo-eléctrica, y sostienen que es una opinión generalizada. También cabe considerar que, como Uruguay adhiere a los tratados internacionales sobre energía nuclear, cualquier puesta en marcha de un programa nucleo-eléctrico estaría sometido a entrenamiento y controles adicionales del OIEA.

Surgen preguntas además en relación al almacenamiento de los residuos: ¿en qué lugar?, ¿en qué Departamento?, ¿quién será el actor responsable?, ¿el país cuenta con mecanismos de decisión y discusión para los temas nucleares que ya tiene planteados hace décadas?

PARTICIPACIÓN PÚBLICA

Desde la segunda mitad del siglo XX, y crecientemente, la ciencia y la tecnología (CyT) han cobrado tanta importancia y visibilidad pública, que se ha registrado un aumento de la preocupación por parte de los gobiernos y de las organizaciones políticas y sociales por la *percepción social de la ciencia* y por su *comprensión pública*. Desde la década del 50 se han desarrollado iniciativas políticas en esta dirección, conjuntamente con instrumentos para medir el nivel de *alfabetización científica* o *cultura científica* de los ciudadanos. Este impulso también fue motivado por el surgimiento de movimientos sociales críticos a los desarrollos de la CyT, un creciente escepticismo sobre sus beneficios, y el retroceso de la convicción sobre la relación entre progreso científico y progreso social.

Acompañando la nueva conciencia global sobre el deterioro ambiental había surgido en las décadas del 60 y 70 una gran oleada de activismo social, marcando el nacimiento de los ambientalistas, los movimientos a favor de las tecnologías alternativas, y la presión social a favor de un mayor control ciudadano sobre los emprendimientos científico-tecnológicos (algunas obras fundamentales de este período son *La primavera silenciosa* de R. Carson, *Tecnología Autónoma* de L. Winner, *El pentágono del poder* de L. Mumford, *El círculo que se cierra: naturaleza, hombre y tecnología* de B. Commoner, *El nacimiento de la contracultura* de T. Roszak). Fue el momento del surgimiento de varias disciplinas como la ética ambiental, la ética nuclear, ética biomédica, ética informática, la bioética. Desde la academia también surgen nuevos enfoques críticos sobre la vinculación ciencia, tecnología, sociedad, que hacen hincapié en el contexto social que antecede a la ciencia (y a veces la condiciona) y en sus consecuencias.

Estos movimientos (sociales y académicos) se vincularon con el reclamo de una mayor participación pública en política socio-ambiental, en contra del estilo tecnocrático (que defiende la gestión basada en el conocimiento experto de especialistas y la exclusión ciudadana de las decisiones), justificado a partir de las imágenes tradicionales de la ciencia como ámbito del conocimiento inobjetable, universal, imparcial, desinteresado y

objetivo. Algunos autores como L. Winner (*Tecnología autónoma*, 1977), comenzaban a proponer, por ejemplo, la introducción de tecnologías cuyo desarrollo estuviera abierto a la participación de todos los implicados (evaluación y control social), que fuera comprensible y que no creara dependencia.

En las últimas dos décadas se ha sumado por tanto la preocupación por la democratización de las políticas de CyT, por lo que se acopló el interés por estimular la *participación ciudadana*, participación que, generalmente se asume, debe estar nutrida y convalidada por una mayor comprensión de la ciencia por parte de los ciudadanos.

Más allá de que se detectan variados matices en cuanto a las formas de participación y su alcance vinculante con las decisiones políticas finales, se vuelve cada vez más común que, en lo que respecta a decisiones que afectan al interés público (limpieza de lugares contaminados, implementación de emprendimientos poco deseados y riesgosos, manejo de recursos naturales, etc.), la ciudadanía sea convocada a *participar* (aunque, en algunos casos, sea sólo para legitimar la propuesta final). Distintos organismos internacionales y programas de cooperación nacionales han convertido en habitual en sus discursos la exposición de las ventajas del involucramiento del público en los debates y decisiones sobre CyT y la importancia de contar con una población capaz de entender y participar en la formulación de sus políticas.

La *participación ciudadana* no tiene una definición consensuada. Se pueden encontrar sentidos muy abarcativos que consideran a la transmisión de información y comunicación sobre la CyT como formas de participación ciudadana en ciencia, algunos sentidos se centran en la consulta al público como principal objeto de la participación, y los sentidos más restrictivos la limitan a aquellos procedimientos que involucran a los ciudadanos en el propio proceso de gestión y decisión de la CyT. Partiendo de una concepción amplia, los mecanismos listados pueden ser más de 100 e ir desde la existencia de la figura de defensor del vecino, o programas de ciencia en la televisión, pasando por mecanismos de consulta como los referéndum o las audiencias públicas, hasta mecanismos tendientes a estimular la deliberación y decisión ciudadana como las conferencias de consenso o juicios ciudadanos. En este último sentido más restrictivo, hablar de participación se restringe a la posibilidad y estímulo de que los ciudadanos puedan incidir en etapas del desarrollo de la CyT y en su gestión política.

Los argumentos son varios, desde las consideraciones referidas a la democratización de las decisiones, pasando por argumentos en pos de la legitimación a través de la consulta pública, hasta argumentos que hacen énfasis en la pertinencia del conocimiento y aportes del público no experto. La promoción de la participación del público *lego* o no técnico en CyT, no sólo es debida, según algunos autores como el experto italiano en filosofía política D. Fiorino o el filósofo de la ciencia Silvio Funtowicz, a la implicancia de cuestiones éticas o de presión política, sino a que las propias condiciones actuales de la CyT (reconocimiento de la incertidumbre y la complejidad de los problemas a tratar), hacen que determinadas funciones esenciales como la garantía de calidad o la evaluación crítica no puedan ser abarcadas sólo por expertos, sino por lo que llaman *comunidad extendida de evaluadores* (cuantas más opiniones, más posibilidad de tomar mejores decisiones).

Considerando además que la propia participación puede generar aprendizaje social, en este contexto, el estímulo de una mayor cultura científica se puede vincular con formas

de participación sin que la primera sea condición indispensable para la participación. En el propio proceso participativo se puede generar cultura científica.

Los defensores de mecanismos de participación que impliquen además de la consulta, la deliberación del público y la posibilidad de que sus juicios sean tenidos en cuenta para la toma de decisiones, han propuesto nuevas formas de dar voz e involucrar más activamente a los ciudadanos en las decisiones CyT y específicamente en terrenos socio-ambientales. Algunos de los procesos propuestos que implican mayor poder decisivo para la ciudadanía son precisamente las conferencias de consenso.

Juicios Ciudadanos

También llamadas *Conferencias de Consenso* o *Experimentos en Democracia Deliberativa*, fueron implementadas por el *Comité Danés para la Tecnología*, organismo independiente establecido por el parlamento danés en 1995 (sucesor del *Comité para la Tecnología* que actuaba desde 1986). Su función: tratar conflictos asociados a tecnologías riesgosas desde el punto de vista ambiental, como la energía nuclear, y tender un puente entre los científicos expertos, los políticos y los ciudadanos.

Implica la conformación de un tribunal de 10 a 15 ciudadanos que evaluarán un tópico de CyT sensible socialmente. Usualmente, los ciudadanos que participarán son elegidos a partir de respuestas escritas a una convocatoria distribuida en la prensa, en las que explican los motivos por los cuales quieren participar. El panel se constituye entonces con ciudadanos no expertos y sin intereses particulares relacionados al tema. Se le proporciona al tribunal, o panel, abundante material escrito sobre la temática y a partir de una lista de preguntas y requerimientos de información suplementaria que realizan ellos mismos, el comité procura más información e identifica grupos interdisciplinarios de expertos que puedan dar su opinión ante el tribunal. Durante dichas reuniones preparatorias, se discuten diferentes documentos dispuestos por expertos a petición del comité organizador en los que se expone el estado de la cuestión desde el punto de vista político, científico, económico, etc. Se preparan las preguntas que se realizarán en el foro abierto a los expertos, expertos y actores que habrán sido seleccionados por el comité organizador y entre los que habrá científicos, tecnólogos, expertos en ética, ciencias sociales, así como destacados representantes de los grupos de interés vinculados con el desarrollo CyT, tales como la industria, los sindicatos o también organizaciones medioambientales. En la audiencia (de aproximadamente 3 días) tanto el tribunal como el público asistente puede realizar preguntas. Para finalizar, el tribunal realiza un informe con consideraciones científicas y técnicas pero también económicas, legales, éticas y sobre aspectos sociales involucrados en la cuestión. El reporte se distribuye a los medios y va al parlamento. En Dinamarca se convocan cada vez que el parlamento está considerando una legislación relacionada con la CyT.

Sus metas formales son proveer información a los parlamentarios y tomadores de decisión con los resultados de la conferencia, y estimular la discusión pública a través de la cobertura de los medios tanto de la conferencia como los debates consiguientes. Desde su primera experiencia en 1987, han tratado sobre políticas energéticas, polución del aire, agricultura sustentable, irradiación de alimentos, riesgos químicos para el ambiente, el futuro del transporte privado, terapia génica, clonación, organismos genéticamente modificados (OGM), terapia génica, la sociedad de la información, gestión de residuos nucleares, valores de la naturaleza. Las metas sociales implicadas en este tipo de procesos tienen que ver con la educación (brindar la información y conocimiento como para poder participar y ser un agente activo del

proceso), con el intercambio a dos vías de esa información y conocimiento (rescatando y comunicando también el conocimiento y los valores locales) y con restaurar la confianza en las instituciones y reducir los conflictos.

Este formato ha tenido buena recepción por parte de expertos, ciudadanos, políticos y también por los medios que las han difundido. Las evaluaciones tienen que ver con los criterios de aprendizaje entre panelistas y expertos, su impacto en la política, en los medios, y consideraciones sobre el proceso en sí. Se ha registrado un impacto positivo en el nivel de conocimiento (cultura científica) de los participantes no expertos y sus capacidades de realizar juicios sobre temas técnicos. Este aprendizaje concierne a la interpretación y comprensión de temas concretos (proceso interno) y al aprendizaje social (proceso externo relacionado al comportamiento de un grupo en un proceso común de aprendizaje). También han demostrado servir para “educar” a otros actores, como los grupos de implicados de ONGs o industrias, sobre la perspectiva ciudadana. Las experiencias han permitido a su vez que los expertos *aprendan* sobre las preocupaciones ciudadanas y en términos generales sobre el público.