



Área de energía

Informe final

de la consultoría sobre Energía en el marco del
**Plan Estratégico Nacional en Ciencia Tecnología
e Innovación**

a cargo de

Ramón Méndez Galain



PENCTI

PLAN ESTRATÉGICO NACIONAL DE
CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

Febrero de 2008

ISBN: 978-9974-36-122-5

CONSTRUYENDO UNA ESTRATEGIA EN CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

El gobierno de la República Oriental del Uruguay ha entendido prioritario impulsar acciones de política pública en el área de Ciencia, Tecnología e Innovación a los efectos de aprovechar las oportunidades que surgen para alcanzar el desarrollo económico y social que antes nos resultara esquivo. La globalización y la nueva economía basada en el conocimiento exigen contar con mano de obra más calificada, desarrollar capacidades de aprendizaje permanente, disponer de centros de investigación competitivos internacionalmente y con impacto nacional, y generar redes interinstitucionales para sacar el mayor rendimiento social a la interrelación entre educación, conocimiento, ciencia y tecnología.

Iniciar decididamente dicho camino permitirá enfrentar con éxito la dura competencia internacional, continuar creciendo en el mercado global y generar cada día más y mejores empleos para una fuerza laboral más calificada. También abrirá la posibilidad de avanzar hacia una mayor equidad, pues potencia como recurso de base el desarrollo del conocimiento, un activo cuya propiedad se puede repartir de manera más igualitaria que el capital o los recursos naturales. Avanzar en esta dirección implica afrontar muchos desafíos y construir nuevas alianzas con el sector privado nacional, generando condiciones para levantar restricciones que traban su desarrollo.

Las principales áreas de acción emprendidas por el gobierno nacional en materia de Ciencia, Tecnología e Innovación hasta el presente fueron: 1) el diseño de una nueva institucionalidad que permitiese superar la dispersión heredada así como optimizar recursos y capacidades existentes; 2) el inicio de un proceso de elaboración programático-estratégico dirigido a concretar por primera vez en nuestro país un Plan Estratégico Nacional en Ciencia, Tecnología e Innovación (PENCTI); y 3) consolidar el apoyo financiero que de sustento incremental y permanente a dicha política pública en el sector.

El diseño institucional comenzó por la creación en Abril de 2005 del Gabinete Ministerial de la Innovación (GMI), integrado por el Ministro de Agricultura y Pesca (MGAP); el Ministro de Industria, Energía y Minería (MIEM); el titular de la Oficina de Planeamiento y Presupuesto (OPP); el Ministro de Economía y Finanzas (MEF) y el Ministro de Educación y Cultura (MEC), quien lo preside. Posteriormente, en diciembre de 2006 el parlamento aprobó la ley 18.084 que confiere rango legal al GMI, y le otorga un rol central en la fijación de lineamientos político-estratégicos en Ciencia, Tecnología e Innovación. La norma avanza en el nuevo diseño estableciendo cometidos y competencias a otros dos relevantes actores: la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII) brazo ope-

rativo de las políticas públicas y las prioridades del Poder Ejecutivo en el tema; y el Consejo Nacional de Innovación, Ciencia y Tecnología (CONICYT), que fue ampliado y revitalizado como órgano de consulta y asesoramiento del sistema.

En relación al soporte financiero incremental para la Ciencia, Tecnología e Innovación la tarea se focalizó en dos frentes complementarios. Por una parte, se aprobaron nuevos recursos en leyes presupuestales y de rendición de cuentas, así como estímulos específicos al sector privado derivados de las reformas tributarias y exenciones fiscales a inversiones productivas innovadoras. Por otra parte, se negociaron y obtuvieron recursos de dos préstamos específicos, uno del Banco Mundial y otro del Banco Interamericano de Desarrollo concretados en 2007 y 2008, y una nueva cooperación de la Unión Europea destinada a promover emprendimientos diversos para fortalecer el Sistema Nacional de Innovación en Uruguay.

En la que respecta a las definiciones político-estratégicas en Ciencia, Tecnología e Innovación, inicialmente el Gabinete Ministerial de la Innovación identificó algunos sectores prioritarios para la promoción de la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación como ser las cadenas agroindustriales; la salud y la farmacéutica; la biotecnología; las alternativas energéticas; el complejo turístico; el medio ambiente y los recursos naturales; y las tecnologías de la información y comunicaciones.

Para avanzar y profundizar en dichas prioridades, el Gabinete encomendó a su Equipo Operativo (conformado por Miguel Brechner por el MIEM; Pablo Chilibroste por el MGAP, Fernando Lorenzo y Carlos Paolino por el MEF; Edgardo Rubianes por la OPP; e inicialmente Amilcar Davyt y luego Rafael Canetti por el MEC) seleccionar, contratar y monitorear una serie de consultorías de técnicos independientes de reconocida capacidad. Estos técnicos trabajaron con base en términos de referencia específicos y realizaron análisis y propuestas de instrumentos para promover la innovación en los sectores priorizados. También fueron contratados otros estudios, de corte más sistémico, como ser redes de innovación público-privadas; e innovación e inclusión social.

El procedimiento de las consultorías incluyó diferentes etapas. La primera de confección de un documento borrador por parte de los diversos consultores; la segunda consistente en un taller con actores calificados invitados donde se discutió el documento; y la última referida a la presentación del informe final enriquecido con los aportes realizados en los talleres respectivos.

Es de señalar que las consultorías y la organización de los referidos talleres, así como la publicación de estos documentos finales, fueron financiadas con fon-

dos provenientes tanto del préstamo del Banco Mundial (Fortalecimiento del Sistema de Investigación e Innovación, FOSNII) como de una donación del Fondo Coreano de cooperación ejecutado por el Banco Interamericano de Desarrollo (ATN/KK-10271-UR).

Estos documentos están disponibles en la página web de la ANII (www.anii.org.uy) y la presente serie de publicaciones tiene como objeto favorecer aún más su difusión pública. Cada uno de los informes constituye un valioso aporte en sí mismo, pero además será parte de los insumos y anexos que el Equipo Operativo está utilizando en la redacción del borrador de síntesis final del PENCTI. Dicho borrador del Plan será presentado al Gabinete Ministerial de la Innovación para que este considere y realice las consultas e intercambios pertinentes con los distintos actores del Sistema Nacional de Innovación y, en particular, con su órgano de asesoramiento, el CONICYT, tal como lo establece la nueva legislación.

Equipo Operativo
Gabinete Ministerial de la Innovación

Octubre 2008

Resumen ejecutivo

El problema energético pone en juego una variedad de aspectos, todos ellos relevantes: el acceso a las fuentes de energía primaria y a la tecnología para transformarla en energía útil, el uso de la energía de manera eficiente, el respeto por el medio ambiente, su incidencia en las inequidades sociales a escala tanto local como global. La matriz energética mundial se encuentra dominada por los combustibles fósiles (85%), cada vez menos abundantes y fuertes emisores de gas de efecto invernadero. En nuestro país, el peso del petróleo es aún mayor que el del promedio mundial, aunque al mismo tiempo existe un número interesante de fuentes de energía autóctona, fundamentalmente renovables. Sin embargo, su introducción en el país plantea escollos técnicos, económicos y culturales, entre otros. Uruguay posee dos empresas energéticas públicas que dominan el sector. La comunidad académica trabajando en estos temas es muy pequeña. Las empresas que podrían apoyar la introducción de nuevas tecnologías son pocas y precisan reglas claras, apoyo técnico y acceso a financiación. Se plantea entonces un conjunto de herramientas para intentar revertir las dificultades detectadas. Ellas apuntan a garantizar el rol de prospección y planificación del Estado, a fortalecer sustantivamente a la comunidad académica, a contribuir a la solución de los problemas tecnológicos de los dos grandes entes públicos energéticos, a impulsar el desarrollo de empresas privadas que podrían contribuir a la introducción de nuevas tecnologías y a promover un uso de la energía eficiente y que no profundice las desigualdades sociales.

Índice

1.Introducción

2.Methodología

3.Definiciones básicas

4.El punto de partida

- 4.1.La energía en el mundo
 - 4.1.1.La matriz energética
 - 4.1.2.Eficiencia energética
 - 4.1.3.El impacto sobre el medio ambiente
 - 4.1.4.Energía y equidad
- 4.2.La energía en Uruguay
 - 4.2.1.La matriz energética primaria
 - 4.2.2.La demanda energética
 - 4.2.3.El uso eficiente de la energía
 - 4.2.4.Energía y medioambiente
 - 4.2.5.Energía y equidad

5.Los paradigmas de cara al futuro

- 5.1.Los estudios de prospectiva
- 5.2.Las líneas de investigación en el mundo
- 5.3.Paradigmas para nuestro país

6.Las capacidades locales

- 6.1.Los tres grandes sectores energéticos
- 6.2.El rol del Estado
- 6.3.El sector académico
- 6.4.Los consumidores
- 6.5.Las Compañías de Servicio Energético

7.Dificultades y desafíos

- 7.1.Dificultades y desafíos en la planificación estatal y en la regulación
- 7.2.Dificultad y desafíos para introducir nuevas tecnologías
 - 7.2.1.Dificultades y desafíos en el corto y mediano plazo

- 7.2.2.Desafíos para el largo plazo
- 7.3.Dificultades en el sector académico
- 7.4.Desafíos a nivel empresarial
- 7.5.La eficiencia energética

8.Los instrumentos propuestos

- 8.1.Los objetivos
- 8.2.Instrumentos específicos
- 8.3.Oportunidades

1. Introducción

Pocos temas abarcan simultáneamente las preocupaciones centrales del hombre de este tiempo. La energía es uno de ellos.

Desde la revolución industrial, el consumo energético mundial se multiplicó por 100: un factor 10 debido al aumento poblacional, otro factor 10 debido al aumento del consumo per cápita. La determinación de la matriz energética más adecuada para satisfacer esta demanda, tanto desde el punto de vista económico como tecnológico y geopolítico, es entonces uno de los aspectos centrales de la problemática energética. Sin embargo, no es el único. De hecho, varios fenómenos entrelazados inciden, o deberían incidir, en cualquier decisión ligada al tema de la energía.

En primer lugar, la energía disponible para el hombre es un bien cada vez más escaso: el 90% de la energía consumida en el mundo proviene de fuentes no-renovables, que se agotarán, algunas en este siglo, otras en el próximo, sólo unas pocas más allá. El desarrollo tecnológico de fuentes energéticas renovables resulta, por lo tanto, capital.

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.

Por estas razones, un plan de ciencia, tecnología e innovación en materia energética tiene que estar fuertemente ligado a un proyecto nacional de energía y éste, a un proyecto de país.

En este documento se analizan posibles lineamientos para fomentar la investigación, el desarrollo y la innovación en el área de la energía, en el marco del Plan Estratégico Nacional en Ciencia, Tecnología e Innovación (PENCTII). Luego de la descripción de la metodología empleada y la definición del lenguaje usual utilizado en esta área, el lector podrá encontrar, en cinco partes sucesivas, los aspectos medulares de este trabajo. En primer lugar, se describe el punto de partida, tanto a nivel nacional como internacional. En segunda instancia, se analiza brevemente las grandes tendencias esperables, tanto en referencia a las líneas de investigación y desarrollo en curso, como

a los posibles escenarios imaginables. En tercer término, se describen las capacidades locales, tanto en el ámbito académico como empresarial (público y privado), así como el marco legal e institucional. En la cuarta parte se enuncian brevemente cuellos de botella y dificultades encontradas. Finalmente, se propone diferentes instrumentos concretos que apuntan a revertir estas dificultades y a potenciar los nichos de oportunidad.

2. Metodología

Para la elaboración de este documento se entrevistó a las autoridades de las empresas estatales de energía, UTE y ANCAP, así como a parte de sus asesores, con quienes se mantuvo un fluido intercambio. También se interactuó muy fuertemente con la Dirección Nacional de Energía y Tecnología Nuclear (DNETN) y su equipo técnico. Asimismo, se intercambiaron ideas con responsables de planificación en la Oficina de Planeamiento y Presupuesto (OPP), así como con técnicos de la Oficina de Programación y Política Agropecuaria (OPYPA) y otros organismos estatales de prospectiva. Por otro lado, se intercambiaron ideas con al menos una decena de investigadores académicos y autoridades de varias facultades, tanto de la Universidad de la República como de universidades privadas. También se intercambiaron ideas con un reducido número de empresarios y actores del sector privado.

Por otro lado, se manejaron numerosos documentos nacionales: la decena de estudios realizados por la DNETN, una gran variedad de trabajos académicos (tanto del ámbito formal como de organismos no gubernamentales), así como los documentos surgidos de algunos estudios globales de prospectiva. Asimismo, se tuvieron en cuenta numerosos estudios internacionales, tanto de una decena de organismos y agencias públicas, como de consultoras independientes. Cuando no se especifica otra cosa, los datos señalados en este documento son los que se

encuentran en diversos informes de la DNTEN (datos nacionales) y de la Agencia Internacional de la Energía (datos internacionales).

3. Definiciones básicas

La física nos enseña que la energía siempre se conserva, transformándose de un tipo en otro (radiación, calor, energía mecánica, energía de masa o nuclear). Cuando hablamos de “generación” de energía, nos referimos a la transformación de una energía primaria (es decir, aquella que se encuentra disponible en la naturaleza) en una energía final (es decir, aquella que consume el hombre). Por abuso de lenguaje, solemos decir que, mediante este proceso, se “consume” energía primaria y se “genera” energía final. Todos los procesos de “generación” de energía no son igualmente eficientes, y en la mayoría de ellos no toda la energía primaria consigue transformarse exitosamente en energía final. Asimismo, se reconocen diferentes tipos de *vectores*, como la electricidad, o la nafta y demás combustibles líquidos, que llevan la energía desde los “productores” hacia los “consumidores”.

Señalemos también que la unidad más utilizada para medir la energía primaria es la tonelada equivalente petróleo (tep) que da cuenta de la cantidad de energía química contenida en una tonelada típica de petróleo. Un tep equivale aproximadamente a 10 millones de kilocalorías y a 11000 kWh (kilowatt-hora).

4. El punto de partida

En esta primera parte se describe la situación actual del problema energético en el mundo (y en particular, más brevemente, en la región) y en nuestro país. Analizaremos la estructura de la matriz energética, el ahorro y la eficiencia energética, la preocupación medioambiental, y las implicancias socio-políticas en el uso de la energía.

4.1 La energía en el mundo

Resulta imposible analizar la matriz energética nacional sin describir previamente la matriz energética a nivel mundial. Este primer estudio nos permitirá comprender las complejas condiciones de contorno en las que nuestro país debe analizar sus propios caminos.

4.1.1 La matriz energética mundial

En el mundo se consume anualmente unos 10 Gtep¹ de energía primaria que podemos dividir en dos grandes tipos: renovables y no renovables. Estas últimas aportan cerca del 90% de la energía primaria consumida actualmente. Las energías no renovables pueden a su vez dividirse en las *fósiles*, esencialmente el petróleo (36% de la matriz energética mundial), el carbón (26%) y el gas natural (23%), que contribuyen en total con cerca del 85%, y la *nuclear* (que consume uranio) que contribuye con un 6%.

En cuanto a las energías renovables, es posible diferenciarlas en las *naturales* y las *sustentables*. Las primeras comprenden a aquellas energías directamente disponibles en la naturaleza, como la hidroeléctrica, la eólica, la solar², la geotérmica, así como las diversas formas de energía ligadas al mar. Las sustentables comprenden todas las energías basadas en biomasa o en residuos industriales. La principal energía renovable es la leña (entre el 5 y el 10% de la matriz energética mundial³), que es la única fuente de energía a la que pueden acceder miles de millones de habitantes de muchos países pobres, seguida de las represas hidroeléctricas (sólo el 2% de la matriz primaria mundial). En cuanto a las otras formas de energía renovable (eólica, solar, geotérmica, biomasa, biocombustibles, minihidroeléctricas), a pesar del rápido crecimiento de los últimos años, aún ni siquiera alcanzan a cubrir el 1% de las necesidades primarias de energía a nivel mundial.

Se estima que, en el año 2007, la inversión mundial en energías renovables superó los cien mil millones de dólares⁴ (15 a 20 mil millones para grandes hidroeléctricas, 66 mil millones para instalar generadores de los demás tipos de renovables, 10 a 12 mil millones para construir nuevas plantas para producir paneles solares y biocombustibles, 16 mil millones en inversión pública y privada en investigación). Antes de la aprobación del protocolo de Kyoto (1997), las inversiones mundiales para la instalación de generadores renovables (excluyendo las grandes hidroeléctricas) no alcanzaban los diez mil millones de dólares anuales, multiplicándose por un factor superior a 6 en sólo 10 años. Muchas veces, los grandes impulsores de este tipo de energías nuevas son las viejas y sólidas compañías petroleras.

1 1Gtep = mil millones de tep

2 Si bien todas las energías que consumimos, excepto la nuclear, se originaron (las fósiles) o se originan (todas las otras) en la energía que recibimos del Sol, sólo la que se obtiene directamente a partir de la radiación incidente sobre la Tierra es conocida como “energía solar”.

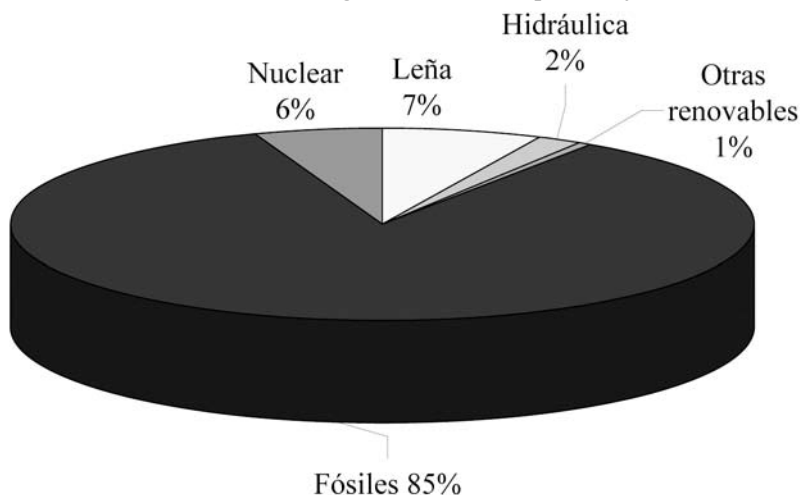
3 Este número resulta difícilmente estimable, dado que el acceso a esta fuente de energía suele producirse por fuera de todo circuito comercial tradicional

4 Resumen preliminar de “Renewable 2007 – Global status report – REN21”, Bali, Indonesia, Diciembre de 2007

Sin embargo, a pesar de las preocupaciones recientes por el problema de la energía y de las fuertes inversiones, el uso de las diversas fuentes primarias permanece incambiado desde hace un par de décadas: la contribución relativa de cada fuente a la matriz mundial, mostradas en el Gráfico 1, no ha cambiado más de 1% en 20 años.

Estos primeros números desnudan la fragilidad de la situación energética mundial. En lo que sigue, analizaremos brevemente las diversas fuentes de energía a nivel mundial y las problemáticas asociadas con cada una de ellas.

Gráfico 1. Matriz energética mundial, en porcentajes, 2006⁵



Las fuentes fósiles

El 36% de la energía primaria consumida en el mundo proviene del petróleo, en su gran mayoría para su uso en el transporte (sólo un 10% de la electricidad mundial se produce con derivados del petróleo, mientras que el 97% de los combustibles líquidos tienen este origen). En caso de mantenerse el mismo consumo del año 2006, las reservas conocidas actualmente alcanzarían para sólo 40 años (esto se conoce como *reservas estáticas*). Por otro lado, hace ya al menos una década que no se encuentran nuevos yacimientos de tamaño significativo. Todos los analistas coinciden que en algún momento existirá un *peak-oil* en el que se produciría un pico de consumo, para comenzar a decaer luego, con precios siempre crecientes. Si bien la mayoría de las petroleras (incluida ANCAP) entiende que el *peak-oil* no se produciría antes del 2020, otros organismos consideran que ocurrirá mucho antes. Muchas compañías petroleras (incluida ANCAP) estiman

⁵ Último dato disponible

que el precio del petróleo será levemente menor al actual durante una buena parte de la próxima década, pero esta estimación no es compartida por muchos otros organismos gubernamentales e independientes. En la región existen importantes reservas de petróleo, fundamentalmente en Venezuela. Más localmente, Brasil es autosuficiente (mucho más luego del descubrimiento de un importante yacimiento, a fines de 2007), mientras que Argentina, por falta de inversiones, está en camino de perder su autosuficiencia.

El gas natural contribuye al 23% de la energía primaria mundial (15% de la electricidad se produce a partir de esta fuente). Las reservas estáticas alcanzan para 60 años, por lo que su pico de producción se prevé luego de la década del 20 de este siglo. Dado que el gas natural es esencialmente transportado mediante gasoductos, su precio varía de una región a otra, en función de las demandas y ofertas locales. En los últimos 3 años los precios internacionales han aumentado muy significativamente en todo el mundo. En paralelo, ha crecido intensamente el comercio internacional a distancia mediante el proceso de licuado, traslado en barcos “metaneros”, y regasificación en destino. En la región existen fuertes yacimientos de gas natural, fundamentalmente en Bolivia (que aumentó al triple el precio del gas exportado a sus vecinos) y en Venezuela (que recién está comenzado a explotar sus reservas). Por falta de inversiones, Argentina se transformará en uno o dos años en importador de gas natural. Las grandes distancias continentales hacen caro, aunque factible, un gasoducto entre Uruguay y Bolivia, pero bastante utópico uno con Venezuela.

El 26% de la energía primaria mundial proviene del carbón. Es la principal fuente de energía para producir electricidad en el mundo (39% de la electricidad mundial se obtienen con carbón). Se utiliza fundamentalmente en los países productores; sólo el 10% del carbón mundial se comercializa internacionalmente. Se han desarrollado tecnologías para utilizar el carbón sin generar contaminación local, pero no se utilizan en todos los países: mientras que en Alemania, donde el 50% de la electricidad tiene este origen, la producción es “limpia”, en China, el carbón es una de las principales fuentes de contaminación del aire. Las reservas estáticas de carbón alcanzan para unos 200 años. En la región, sólo Brasil posee importantes yacimientos.

La energía nuclear

La última fuente de energía no-renovable es la nuclear, responsable del 6% de la energía primaria y del 16% de la electricidad consumida en el mundo. Existen 450 centrales en funcionamiento en 3 decenas de países. Luego de un estancamiento como consecuencia del accidente de Chernobyl, en los últimos 3 o 4 años esta industria ha vuelto a florecer en la mayoría de los países nucleares. China

tiene previsto la instalación de una nueva planta nuclear cada 6 meses, durante los próximos 10 años; se estiman crecimientos similares en India, Corea del Sur y otros países asiáticos. En los países desarrollados, Finlandia ha comenzado la construcción de la primera planta de “tercera generación”; la Autoridad Reguladora Nuclear de Estados Unidos está estudiando numerosos pedidos para la instalación de nuevas plantas (sólo 22 durante 2007), mientras que intereses similares se han observado en Gran Bretaña y otros países europeos.

Las reservas estáticas de uranio satisfacen la demanda actual durante al menos 40 años, pero el número de yacimientos continúa en ascenso, por lo que se estima un mínimo de 80 años de disponibilidad de reservas. De todas formas, utilizando nuevas tecnologías que ya han sido probadas pero aún no se encuentran a punto (neutrones rápidos y, en el futuro, el ciclo del torio), las reservas de combustible alcanzarían para varios miles de años. Los principales yacimientos de uranio se encuentran en países políticamente estables: Australia y Canadá.

En América Latina, México, Brasil y Argentina poseen reactores nucleares (dos cada uno) y se está construyendo, o se planea construir, nuevas plantas.

Las energías renovables naturales

La *hídrica* es la energía renovable natural más difundida. El 18% de la electricidad consumida en el mundo tiene este origen, aunque esto sólo representa el 2% de la matriz energética primaria mundial⁶. El costo del MW instalado es relativamente bajo y no produce contaminación, aunque suelen generar importantes perturbaciones en su entorno geográfico. Mientras que algunos países poseen su potencial hidroeléctrico aún casi intacto, en otros éste se encuentra ya saturado. En la región, este tipo de energía tiene aún un gran potencial, fundamentalmente en las zonas limítrofes de Paraguay. Cerca del 95% de la electricidad brasileña tienen este origen.

En los últimos años, han comenzado a instalarse las llamadas “micro turbinas” (potencias entre 1 kW y 1 MW) las cuales, si bien aportan poca potencia, no exigen la infraestructura de las grandes represas hidroeléctricas. China es el país que más utiliza esta tecnología. En 2007, las microturbinas aportaron 73000 MW a la

6 Si bien esta energía sólo se utiliza para producir electricidad, la gran diferencia entre estos dos números radica, entre otras cosas, en el hecho de que, para esta fuente, el 100% de la energía primaria se transforma en energía final; para las fuentes fósiles, la eficiencia varía entre el 25% y el 65%.

electricidad mundial, lo que representa una fracción muy pequeña de la potencia total instalada en el mundo, que supera los 4 millones de MW⁷.

La contribución de la energía *eólica* a la matriz energética mundial ha crecido de manera importante durante esta última década, fundamentalmente en Europa (Alemania, España, Dinamarca, país en el que ha generado, en 2007, el 20% de su electricidad), y en menor medida en Estados Unidos e India. Sin embargo, a pesar de un crecimiento sostenido de 25 a 30% por año desde 2000, la energía eólica aún tiene un peso muy menor a escala mundial: la capacidad instalada sólo alcanzó en 2007 a 93000 MW los cuales, si bien resultan significativamente superiores a los 7500 MW del año 1997, no superan aún el 2% de la potencia eléctrica total instalada en el mundo y un porcentaje menor de la electricidad total generada.

En todos los casos, este crecimiento se ha dado en base a una fuerte subvención estatal, motivada por consideraciones medioambientales, sociopolíticas, o para impulso de la producción local. Las granjas eólicas plantean una doble dificultad; por un lado, su bajo “factor de capacidad” (número de horas en que se encuentran disponibles despachando energía a su potencia máxima) y, por otro lado, su deslocalización geográfica. Los países que han impulsado una fuerte introducción de esta tecnología han logrado resolver estos desafíos. La energía eólica no ha penetrado aún en ningún país de la región.

La energía *solar* se aprovecha de forma directa de dos maneras. Por un lado, se han diseñado captosres térmicos que transformas radiación solar en calor para calentar agua a 40 grados, que se almacena. Su uso es menor, excepto en unos pocos países (en 2007, el 65% de los paneles térmicos estaban instalados en China, seguido de un 15% en Estados Unidos), y está limitado esencialmente al consumo de agua caliente sanitaria. En total, unos 50 millones de personas en el mundo obtienen su agua caliente sanitaria mediante este procedimiento.

Por otro lado, se utilizan paneles fotovoltaicos, que transforman directamente la radiación solar en electricidad. Sin embargo, la tecnología es aún muy precaria; debido a la baja eficiencia y el alto costo de producción, no son por ahora rentables, por lo que se utilizan en situaciones en las que el acceso a otra fuente de energía es muy caro (ejemplo: satélites, veleros y, fundamentalmente, regiones aisladas en el campo). A pesar de un crecimiento anual de 50 a 60%, en 2007 el solar fotovoltaico sólo alcanzó al 0.1% del total de la potencia eléctrica instalada

⁷ Datos del resumen preliminar de Renewable 2007 – Global status report – REN21, Bali, Indonesia, Diciembre de 2007. Los demás datos referidos a energías renovables en este apartado también fueron recopilados en dicha conferencia.

en el mundo, y un porcentaje significativamente menor de la electricidad generada.

A pesar de los trabajos de investigación y desarrollo, los prototipos diseñados para utilizar las diversas formadas de energía del mar no han demostrado por ahora ser competitivos con las demás fuentes de energía y su uso es muy limitado.

Las energías renovables sustentables

En cuanto a las energías renovables sustentables, la *leña* es, por lejos, la más relevante (las estimaciones oscilan entre 5% y 10% de la matriz energética primaria mundial). Sin embargo, desde hace ya 3 décadas, se vienen desarrollando diversos procedimientos para obtener energía a partir de cultivos o desechos humanos o animales, tanto para producir electricidad como combustibles líquidos, así como biogás.

Para producir electricidad se utilizan los residuos agrícolas e industriales y otras formas de *biomasa*. En el mundo existían, en 2007, 44000 MW de potencia instalada generando electricidad mediante este procedimiento (1% de la potencia total instalada).

Por otro lado, hace 3 décadas comenzaron a desarrollarse los llamados *biocombustibles*, que pueden generarse fundamentalmente a partir de granos o variadas plantas cultivables (los *agrocombustibles*), pero también ciertos desechos industriales. Los procedimientos para generar etanol (sustituto de las naftas) y biodiesel (sustituto del gasoil) son sustancialmente distintos. Brasil y, mucho más recientemente, Estados Unidos, dominan la producción mundial de etanol, que alcanzó los 40000 millones de litros en 2007, duplicando la producción del año 2000. Sin embargo, este número representó sólo el 3% del consumo anual mundial de naftas. Mientras que nuestros vecinos han desarrollado una tecnología en base a la caña de azúcar, que resulta rentable al menos en Brasil, los norteamericanos lo han hecho en base al maíz y funciona gracias a fuertes subsidios, por lo que es muy cuestionada. En cuanto al biodiesel, la producción mundial es dominada por Alemania, pero no llega a 10000 millones de litros anuales. Hasta ahora, la generación de biodiesel en el mundo funciona en base a subsidios o enmarcada en otros proyectos agroindustriales.

Es relevante señalar que, mientras que los motores diesel funcionan sin dificultad con cualquier proporción de biodiesel, el uso de mezclas de bioetanol exige una adaptación de los motores a nafta.

La irrupción de los agrocombustibles en el mercado mundial, fundamentalmente a partir de su impulso por parte del gobierno de Estados Unidos, ha ge-

nerado un profundo debate en relación al uso de la tierra y del agua dulce, en competencia con los alimentos. A su vez, el uso de ciertos granos para producir agrocombustibles ha disparado su precio a nivel mundial, lo que incide negativamente sobre el acceso a la alimentación de pobladores de bajos recursos en todo el mundo.

Dejando de lado estas discusiones de corte más ideológico, dos puntos comienzan a generar un relativo consenso. En primer lugar, con la tecnología actual, los agrocombustibles no conseguirán reemplazar totalmente a los combustibles derivados del petróleo; más aún, la tasa de reemplazo sólo puede ser pequeña. En segundo término, dejando de lado el sucro-etanol (más particularmente la producción de etanol a partir de la caña de azúcar en Brasil), con los costos y la tecnología actuales, los biocombustibles en general aún no compiten económicamente con el petróleo. El motivo principal por el cual diversos países apuestan al desarrollo de esta industria radica en que se trata, al menos por ahora, del único sustituto tecnológicamente viable para el petróleo en el transporte.

El uso de la energía

La energía final generada a partir de todas estas fuentes primarias es utilizada esencialmente para el uso residencial, el comercio, la industria y el agro, y el transporte. La forma en que la energía se reparte entre estos 4 sectores varía enormemente de un país a otro. En casi todos los países, el sector que consume la mayor cantidad de energía final es el transporte. El sector consumidor de energía comercializada que se posiciona en segundo lugar será el industrial o el residencial, dependiendo del grado de desarrollo de cada país. En este sentido, en los países más desarrollados, luego del transporte aparece el consumo industrial y luego el residencial, mientras que, en los menos desarrollados, este orden suele invertirse. A su vez, las necesidades energéticas de cada hogar dependen mucho del clima del país.

En la sección en la que analizaremos la matriz energética uruguaya, el uso de la energía final será particularmente discutido.

4.1.2 Eficiencia energética

La cultura del *negawat* o del *negatep* ha comenzado a difundirse en varios países. Esta consiste en tomar como premisa que el mejor tep de energía es el que no se utiliza.

Es necesario diferenciar el ahorro energético de la eficiencia energética. El primero ocurre cuando, ante una suba de precios o un déficit en el acceso a una fuente, el consumo disminuye con la consecuente disminución de la calidad del

servicio. La segunda, en cambio, consiste en obtener el mismo servicio con un menor gasto de energía.

Este concepto de eficiencia energética, vinculado estrictamente al rendimiento de la conversión en términos físicos, debe complementarse con la incorporación de las variables del costo de producción (desde un “punto de vista país”) y el costo de los equipos utilizados en el proceso de producción. La sustentabilidad en el largo plazo de una acción que permita mejorar de la eficiencia energética estará condicionada a una adecuada asignación y utilización de todos los recursos disponibles.

En varias decenas de países existen políticas claras y bien definidas para impulsar la eficiencia energética. Apuntan a objetivos tan dispares como la mejora del aislamiento térmico de las construcciones, el uso eficiente de la iluminación residencial y pública, el uso eficiente de los sistemas de transporte tanto de personas como de mercaderías, el etiquetado de electrodomésticos, etc. Naturalmente, también se impulsa la investigación y el desarrollo de métodos de generación de electricidad y de vehículos más eficientes, así como la disminución de las pérdidas de los sistemas de distribución. En este mismo sentido, en varios países se promueve la introducción masiva de los paneles solares térmicos para generar el agua sanitaria de las residencias, mientras que en otros se subvencionan automóviles híbridos, por citar sólo dos ejemplos.

En cuanto a las herramientas utilizadas, las principales son la regulación, los incentivos económicos y, naturalmente, las campañas de información pública⁸. Por ejemplo, en la mayoría de los países europeos no es posible alquilar o vender una propiedad que no cumpla la normativa en materia de eficiencia energética (materiales con los que fue construida si se trata de un edificio nuevo, cerramientos, etc.). También se regula la fabricación de electrodomésticos y demás artefactos eléctricos, así como la eficiencia de los motores de los automóviles. Las auditorías suelen ser obligatorias y tienen un papel tanto educativo como represivo. También se han ensayado diversas reglamentaciones para favorecer el transporte colectivo; en Singapur, todo auto que desee ingresar al centro de su capital debe pagar una tasa, a menos que tenga un mínimo de 4 ocupantes (el uso del transporte colectivo subió del 45% al 65% de la población). Por otro lado, el 40% de los países en el mundo manejan diversas herramientas económicas, que van desde medidas fiscales (por ejemplo, disminución de impuestos para los consumidores que cumplen determinados requisitos de eficiencia), subsidios para el acceso a ciertas innovaciones o para financiar evaluaciones energéticas, créditos blandos para la introducción de ciertas tecnologías, etc. Otras herramientas

8 “Energy efficiency policies around the world: review and evaluation”, 2008, World Energy Council.

utilizadas se basan en el impuesto a las naftas y/o a la circulación, además de la continua mejora de los transportes colectivos.

4.1.3 El impacto sobre el medioambiente

Como contrapartida de las posibilidades de desarrollo económico y social que ofrece el acceso a la energía, su producción y su uso son responsables directos de la mayoría de las emisiones de gases de efecto invernadero⁹, con sus finalmente reconocidas consecuencias sobre el cambio global del clima.

Todos los procesos basados en la quema de combustibles fósiles son fuertes emisores de CO₂. En particular el carbón, fuente principal para la generación de electricidad en el mundo, es un gran emisor de este gas. Si bien se están desarrollando dispositivos para capturar parte de estas emisiones (aumentando hasta 30% los costos de generación), no existe aún ningún proceso tecnológico capaz de capturar y almacenar adecuadamente el CO₂, de manera de evitar su emisión a la atmósfera¹⁰. Esto representa uno de los mayores dilemas para el asunto de la energía: el 85% de la energía utilizada en el mundo es responsable de uno de los mayores impactos que estaría provocando el hombre sobre el medioambiente. El cambio radical que demanda la realidad actual (orientado, entre otros acuerdos internacionales, por el protocolo de Kyoto) exige una fortísima inversión, un decidido impulso de la investigación y el desarrollo en nuevas fuentes, cambios culturales y, fundamentalmente, decisiones políticas.

En los últimos años, varios países han resuelto castigar económicamente a los emisores de CO₂, adjudicándole un valor a cada tonelada de gas emitido. Como consecuencia, ha surgido un novedoso mercado internacional: los emisores de CO₂ evitan el castigo económico comprando “créditos CO₂” a quienes siguen procedimientos que evitan emisiones. Este mecanismo está particularmente reglamentado en Europa. En 2006, se comercializaron en el mundo créditos de CO₂ por 22500 millones de euros¹¹.

En cuanto a las demás fuentes de energía descritas en el apartado anterior, ninguna realiza emisiones de gases de efecto invernadero comparables a las que producen las energías fósiles, por lo que el impacto sobre el cambio climático es significativamente menor que el de estas

9 De acuerdo al World Resources Institute, el 24% de los gases de efecto invernadero son emitidos durante la generación de electricidad y calefacción, 13.9% por el transporte, 13.8% por la industria, 13.5% por la agricultura y 18.2% por la deforestación, por citar a los más significativos.

10 Esto no debe confundirse con la contaminación local del aire provocada por los generadores en base a carbón, cosa que suele disminuirse significativamente, al menos en algunos países, con la tecnología actualmente disponible.

11 “Trading thin air”, The economist, 31 de mayo de 2007

Por otro lado, todas las fuentes de energía tienen (o pueden tener) impacto sobre el medio ambiente local y sobre las poblaciones vecinas a la planta generadora.

Más allá de la emisión de CO₂, las energías fósiles generan otros tipos de contaminación. La más nociva es el carbón: históricamente, ha sido un gran contaminante atmosférico. Sin embargo, en las últimas décadas se han diseñado tecnologías para quemar carbón de manera relativamente limpia, limitando sustancialmente las emisiones de óxido de azufre y de nitrógeno, así como de polvo. Debido a su alto costo, sólo algunos países las utilizan (el ejemplo paradigmático es Alemania).

Por otro lado, la industria electronuclear se desarrolla íntegramente en un entorno aislado del medio ambiente, por lo que no sólo no emite CO₂, sino que no emite ningún tipo de sustancia. Sin embargo, presenta dos peligros potenciales: el accidente y la disposición final de los residuos. En cuanto a los accidentes, las consecuencias de la catástrofe de Chernobyl, en 1986, son elocuentes: 2000 muertes y más de mil kilómetros cuadrados inutilizables para la agricultura durante décadas¹². Sin embargo, exceptuando Chernobyl, la totalidad de los demás incidentes o accidentes asociados con la industria electronuclear han producido menos de una decena de víctimas mortales en todo el mundo. Asimismo, las centrales modernas tienen, desde su concepción, características de seguridad incomparablemente mejores que las de la central ucraniana. En cuanto al segundo problema, esta industria genera residuos potencialmente muy tóxicos que deben disponerse adecuadamente durante cerca de cien mil años.

Finalmente, si bien, en general, las energías renovables producen poca contaminación, varias de ellas son criticadas por otros tipos de impacto: la pérdida de tierras y pueblos provocada por las grandes represas hidroeléctricas, el ruido y el impacto visual de los grandes molinos de viento modernos y, fundamentalmente, la competencia por el uso del suelo y el agua en la producción de agrocombustibles.

4.1.4 Energía y equidad

El tema de la energía pone de manifiesto, como pocos, las desigualdades entre los seres humanos. A escala internacional, esto se manifiesta de dos maneras. Por un lado, un habitante promedio de los países centrales consume 10 veces más

¹² Conclusiones del “Foro Chernobyl” en el cual, un millar de científicos convocados por 8 organismos internacionales (entre ellos la Organización Mundial de la Salud y la Agencia Internacional de Energía Atómica), analizó las consecuencias del accidente en 2006, veinte años después de ocurrido. Estas conclusiones son cuestionadas por Greenpeace y otras organizaciones antinucleares.

rápido las reservas energéticas no-renovables de la Tierra, que uno de los países más pobres. Por otro lado, y como consecuencia de lo anterior, los primeros son responsables de una emisión de gases de efecto invernadero 10 veces mayor que los segundos, aunque las consecuencias serán sufridas por la totalidad. En los países menos desarrollados, en los que vive más del 80% de la población mundial, el consumo de energía crece a un ritmo muy sostenido. Como consecuencia, mientras que hace 30 años los dos tercios de la energía mundial se consumía en los países del OCDE, hoy en día, fundamentalmente debido al crecimiento de las economías de China y demás países del este asiático, el consumo energético de la OCDE sólo alcanza a la mitad del total mundial.

Más impresionante aún es el hecho de que un tercio de la población mundial, dos mil millones de seres humanos, no tienen acceso a electricidad. Para la mayoría de ellos, la única fuente de energía accesible es la leña.

Estas mismas desigualdades se manifiestan dentro de cada sociedad. Esto se observa no sólo en el acceso a la energía sino en las posibilidades de hacer un buen uso de ella. Por ejemplo, en un hogar de bajos ingresos, inadecuadamente aislado térmicamente, cualquier proceso de calefacción es sustancialmente menos eficiente que en uno con el aislamiento conveniente.

4.2 La energía en Uruguay

Al igual que en otras áreas, en las últimas dos décadas la política energética de nuestro país ha estado librada a los mecanismos del mercado. Asimismo, en general, la planificación estratégica se ha limitado al corto plazo. Como consecuencia, la matriz energética nacional y el sector energético del país presentan hoy grandes dificultades que sólo muy recientemente han comenzado a resolverse.

Citemos sólo tres hechos relevantes. Primero, el país tiene una inusitada dependencia de la peor de las fuentes de energía, tanto por su impacto sobre el medio ambiente, como por la escasez de sus reservas y, consecuentemente, su precio: el petróleo. Un segundo hecho significativo es que, desde el comienzo de la década del 90 hasta el año pasado, no se construyó ninguna nueva central generadora de electricidad, razón por la cual se ha llegado al “cuello de botella” de los últimos años de bajas lluvias. Tercero, a pesar de que se aconsejara a hogares y empresas el uso del gas natural y que se construyeran importantes gasoductos, no se garantizó el acceso internacional al gas.

En esta parte describiremos las necesidades energéticas de nuestro país y la forma en que se satisfacen en la actualidad. Veremos que la matriz energética uruguaya, tanto a nivel de la energía primaria consumida como de la demanda

energética final, tiene características particulares que se diferencian de la media mundial que hemos discutido hasta ahora. Describiremos también brevemente los aspectos de eficiencia energética y de equidad social

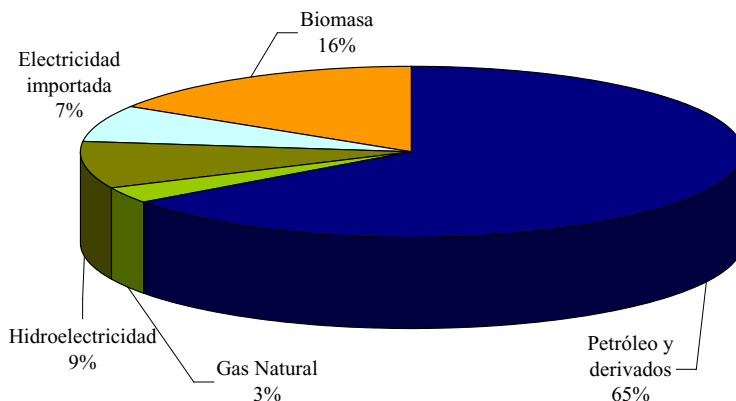
4.2.1 La matriz energética primaria

El consumo anual total de energía primaria de nuestro país supera los 3000 ktep¹³. Esto representa alrededor del 0.03% del total de la energía primaria consumida en todo el mundo. En este apartado analizaremos la estructura actual de la matriz energética, las fuentes autóctonas potencialmente disponibles, y la interconexión energética con la región.

Las fuentes de energía primaria actuales

En 2006, el 65% de la energía primaria total consumida provino del petróleo (recordemos que la media mundial es de sólo 36%), un 9% se originó en la energía hídrica (2% en el mundo), 16% en biomasa, fundamentalmente leña¹⁴ (5 a 10% es la media mundial), mientras que el gas natural ha aumentado hasta el 3% (23% en el mundo) y las importaciones directas de electricidad contribuyeron con el 7% restante.

Gráfico 2. Matriz energética uruguaya, en porcentajes, 2006.

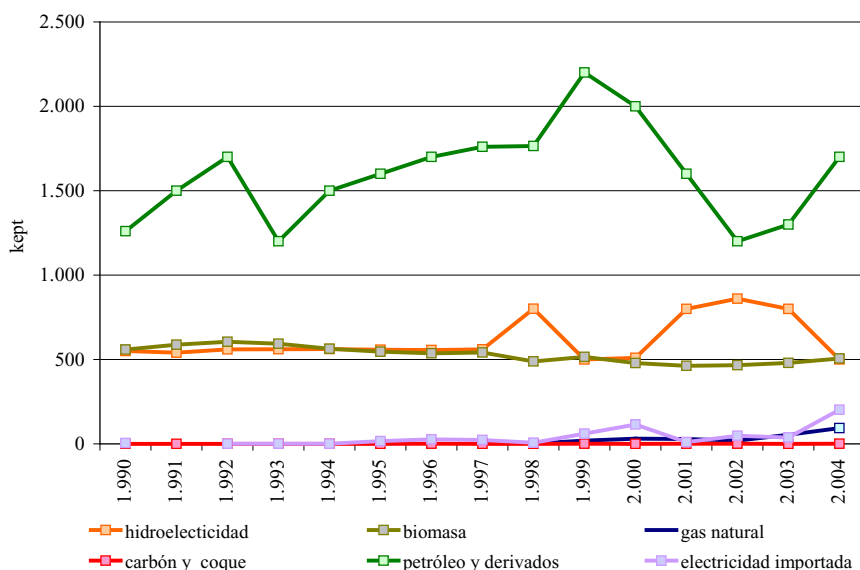


¹³ DNETN, Balance energético anual 2006

¹⁴ Este número es estimado, dado que no existen datos actualizados para el consumo de leña en Uruguay.

Sin embargo, como se observa en el gráfico 3, la composición de la matriz energética puede variar de manera relativamente importante de un año a otro, fundamentalmente las contribuciones de la hidroelectricidad y del petróleo. La primera depende de las lluvias: mientras que en años favorables, como el 2003, trepó al 26%, en los más deficitarios como, precisamente, el 2006, sólo alcanzó al 9%. En cuanto al petróleo, su contribución al total de la energía primaria consumida en el país supera en general el 50%, alcanzando picos de 65% en años particularmente poco lluviosos. Las demás fuentes permanecen relativamente estables y, exceptuando la leña, en valores relativos bajos.

Gráfico 3. Abastecimiento de energía primaria por fuente, en kept, 1990-2004

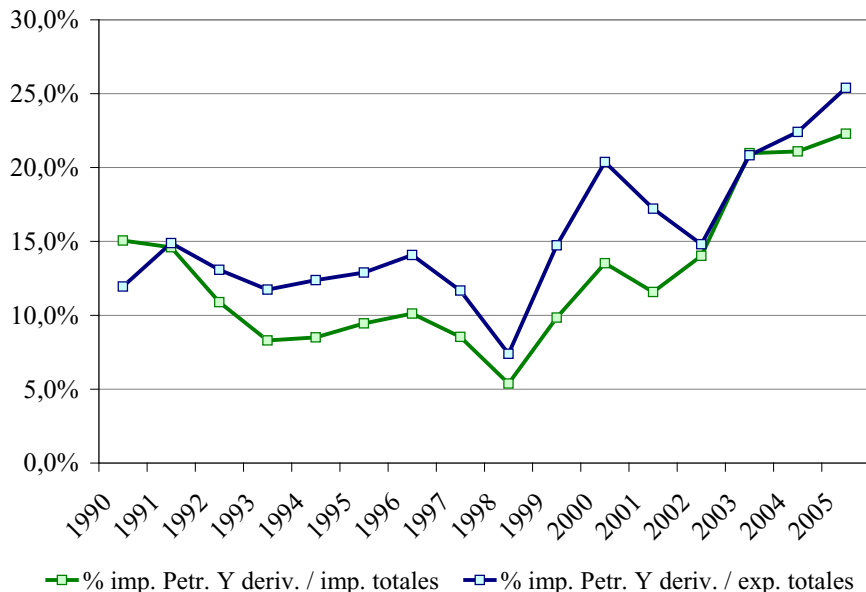


Las únicas fuentes de energía primaria autóctonas significativas actualmente utilizadas son la hídrica y la leña, y ambas tienen una contribución relativamente menor a la matriz energética nacional.

Como contrapartida, las fuentes importadas son dominantes, caras y de acceso complejo. En particular, solamente la parte del petróleo y sus derivados, en años de baja hidráulica, como el 2006, puede trepar al 65% del consumo total de energía primaria.

Como consecuencia, las importaciones de petróleo y sus derivados superan ya el 20% del total de las importaciones uruguayas, y representan el 25% del total de las exportaciones del país. Naturalmente, esto tiene un gran impacto sobre la economía nacional.

Gráfico 4. Importaciones de petróleo como porcentaje de las importaciones y exportaciones totales, 1990-2005



Las fuentes autóctonas potencialmente disponibles

Diversos estudios, la mayoría recientes, muestran el gran potencial de varias fuentes de energía autóctona que no han sido explotadas aún.

Señalemos primero tres eventuales fuentes propias, aunque de energía fósil: los esquistos bituminosos, el petróleo y los hidratos de gas. Si bien el mayor interés de los *esquistos bituminosos* radica en la obtención de combustible líquido, un estudio de factibilidad reciente¹⁵ muestra que los esquistos que se encuentran en el territorio nacional parecen tener un buen potencial para la producción de electricidad y que, combinados con calizas también autóctonas, la producción podría realizarse de manera limpia. De acuerdo a este primer análisis, el precio final de generación resultaría competitivo. Por otro lado, un estudio aún más reciente¹⁶ concluye que ciertos rasgos geofísicos de la plataforma continental de nuestro país son compatibles con la presencia de hidratos de gas. La estimación preliminar indica que el potencial gasífero asociado podría ser muy importante: más de dos billones de metros cúbicos de gas expandido en la superficie. En caso de confirmarse, esta reserva sería mayor que las reservas probadas de gas natural

15 “Esquistos bituminosos, aporte a la robustez energética”, julio de 2007, DNETN.

16 “Hidratos de gas: estimación de su potencial en la plataforma continental del Uruguay a partir de información sísmica de reflexión”, H. de Santa Ana et al.

de Bolivia. Finalmente, se están llevando a cabo estudios prospectivos de *petróleo* en la plataforma continental. La búsqueda actual ha demostrado la existencia de estructuras geológicas proclives a la existencia de yacimientos, por lo que la búsqueda prosigue.

Pasando a las energías renovables, nuestro país cuenta con numerosos puntos geográficos en los cuales los generadores *eólicos* podrían funcionar con un alto grado de eficiencia: el factor de capacidad podría superar el 30%, alcanzando incluso el 45% en algunos sitios particulares¹⁷ (la media europea no supera el 25%).

Asimismo, si bien el potencial *hidroeléctrico* nacional no admite nuevas represas hidroeléctricas de gran porte, la posible instalación de mini o micro turbinas, a partir de pequeños embalses y en un marco integrado con la producción agrícola, podría también aportar electricidad a la red.

En cuanto a los *paneles solares*, en nuestro país la energía solar media que se recibe en la superficie terrestre es de 1650 kWh por metro cuadrado y por año. Este número puede compararse con 2000 kWh para el caso de Israel, o 1000 para el de Hamburgo

Por otro lado, la utilización de *residuos agroindustriales*, para generar tanto electricidad como combustibles líquidos y gaseosos, tiene un importante potencial. En particular, los residuos de la industrial forestal (residuos de campo y aserrín de los aserraderos) alcanzan para producir una cantidad de electricidad comparable a la generada, a plena potencia, por la central hidroeléctrica de Palmar (alrededor de 200 MW en 2008 y más de 300 MW en 5 años); el costo del MWh se situaría entre 50 y 80 dólares.¹⁸ Asimismo, puede producirse electricidad a partir de cáscara de arroz, cáscara de girasol, bagazo, licor negro de las pasteras, etc. También es factible generar biodiesel a partir del sebo vacuno (este insumo sería suficiente para sustituir hasta el 5% del gasoil que consume Uruguay¹⁹) o incluso bioalgas²⁰, así como biogas a partir de la biodigestión de diversos efluentes o de residuos sólidos, como por ejemplo la basura urbana o residuos agroindustriales (frigoríficos, bagazo, cáscaras, etc). En muchos casos, más allá de la producción de energía, esta práctica presenta el atractivo de disminuir, de manera significativa, los residuos de una determinada industria.

17 “Evaluación de energía eólica: análisis de situación y aspectos asociados a la introducción de mayor potencia-200 MW”, setiembre 2006, DNETN.

18 “Generación de energía eléctrica a partir de biomasa en Uruguay”, octubre 2006, DNETN.

19 María Grompone, Conferencia en el Paraninfo, agosto de 2006; ver por ejemplo www.presidencia.gub.uy/_Web/noticias/2006/08/2006080205.htm.

20 Trabajo en curso en la Facultad de Ingeniería

Por último, el balance económico para producir *biocombustibles* a partir de cultivos agrícolas (biodiesel a partir de soja, girasol o colza; bioetanol a partir de caña de azúcar, sorgo dulce o, en el futuro, materias ligno-celulósicas) es en general negativo. Sin embargo, cuando este proceso se combina con emprendimientos ganaderos, la producción se torna claramente rentable. Por ejemplo, una planta que comenzará a funcionar en estos meses utilizará soja para extraer aceite para la fabricación de biodiesel (15%) y el residuo (85%), fuertemente proteico, como alimento para el ganado²¹. Por otro lado, el mejoramiento y la selección de semillas con una perspectiva energética, así como el aprovechamiento de materias primas no tradicionales (cardo, tartago) resultan prometedores²².

La interconexión energética con la región

El país está conectado energéticamente con la región. Esta práctica, usual en diversas regiones del mundo suele ser, en ciertas ocasiones, esencial. En años recientes, el intercambio eléctrico con Argentina alcanzó por momentos una potencia de 400 MW.

Por un lado, existe una doble conexión eléctrica: de 2000 MW con Argentina, a través de Salto Grande, y de sólo 70 MW con Brasil, conectando Rivera con Livramento. Esta última conexión se ampliará próximamente, a 1000 MW, mediante una interconexión entre Presidente Medici y San Carlos.

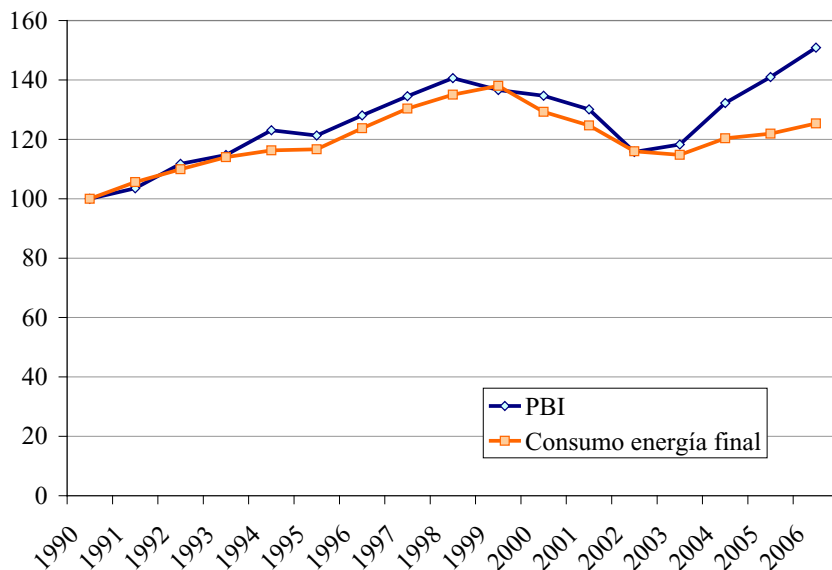
Por otro lado, existen tres gasoductos que nos conectan con la red argentina, pero se encuentran muy subutilizados: si bien permiten el envío de 8 millones de metros cúbicos diarios, en la práctica sólo se reciben, en promedio, unos 200000 metros cúbicos por día (menos del 3% de la capacidad máxima). De hecho, el caudal de gas recibido supera apenas la producción diaria de un yacimiento, propiedad de ANCAP, en suelo argentino.

4.2.2 La demanda energética

En cuanto al consumo de energía final uruguaya, la demanda ha crecido a un ritmo de 3.4% anual durante la última década del siglo XX (1940 ktep a comienzos, 2677 al final), luego de una década previa de relativo estancamiento. Como consecuencia de la crisis del año 2002, el consumo energético cayó a los valores del 1992, retomando su crecimiento a partir de 2003, con una tasa anual similar a la de los 90. El consumo en 2006 fue de 2432 ktep. El gráfico 5 muestra la evolución de los últimos 20 años. Obsérvese que el consumo de energía evoluciona de manera similar al PBI, aunque esta tendencia parece haberse modificado luego de la crisis del 2002.

21 Planta de biocombustibles de Copagran en Ombúes de Lavalle.

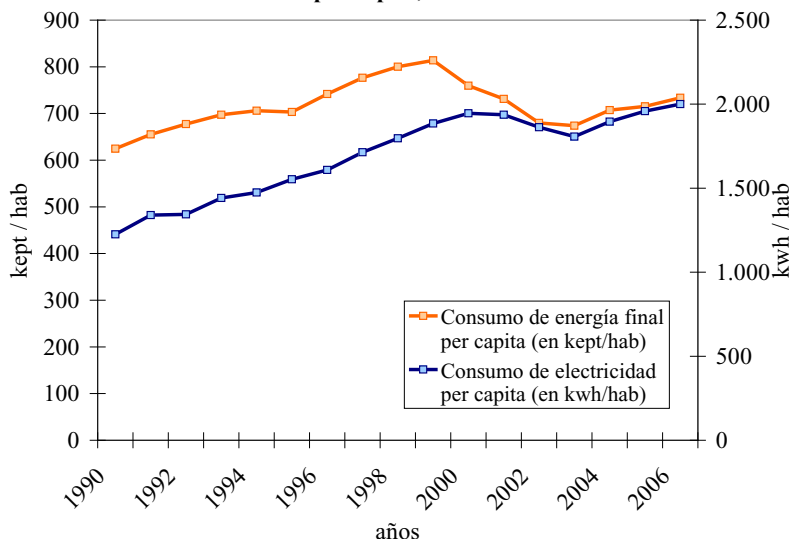
22 “Informe de la comisión de biocarburantes sobre evaluación económica desde el punto de vista país - caso biodiesel”, 27 de setiembre de 2005, MIEM, MGAP, OPP, MEF, MVOTMA, ANCAP.

Gráfico 5. Evolución del consumo final de energía y del PIB (Base 1990=100), 1990-2006.

El consumo per cápita, que alcanzó 734 kep en 2006 (kilo equivalente petróleo), es inferior al de los países de la región (900 kep en Brasil, 1150 en Argentina, 1350 en Chile)

Por otro lado, merece destaque el continuo crecimiento del consumo de electricidad. El consumo per cápita anual se duplicó en los últimos 20 años del siglo pasado, pasando de 954 kWh en 1980 a 1945 en el 2000, lo que significó una tasa de crecimiento promedio 3.6% en el periodo. Luego de una leve caída como consecuencia de la crisis del 2002, el consumo ha vuelto a subir, alcanzando los 2000 kWh. El consumo individual de electricidad de nuestro país es del mismo orden que el de nuestros vecinos: 1900 kWh por año y por persona en Brasil, 2100 en Argentina; asimismo, es dos veces y media mayor que el de Paraguay (750 kWh) y cinco veces el de Bolivia (430 kWh).

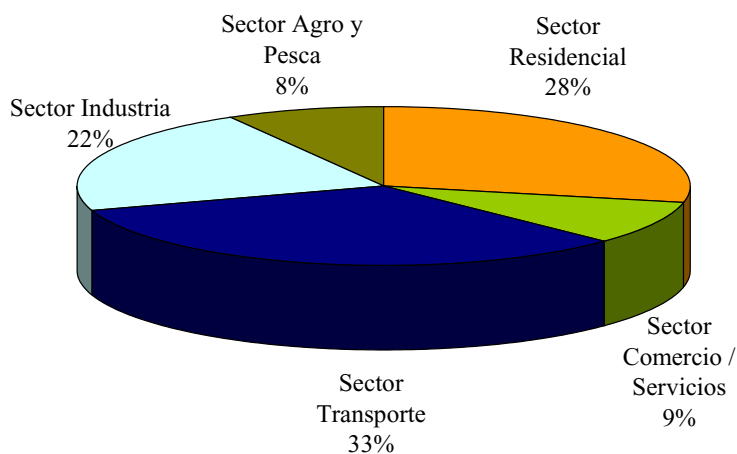
Gráfico 6. Evolución del consumo de energía final per capita y del consumo de electricidad per capita, 1990-2006



El consumo de energía por sector de actividad

El principal destinatario de la energía en Uruguay es el sector del transporte (33% de la energía final total consumida en 2006) como se puede apreciar en el gráfico 7. En este sector, mientras que hace 15 años el consumo de gas-oil y de naftas era equilibrado, en los últimos años el consumo del primero duplica al de las segundas.

Gráfico7. Estructura del consumo de energía final según sector de actividad, 2006



El segundo sector consumidor es el residencial (28% del total en 2006), donde predominan ampliamente la leña (45% del total consumido por el sector) y la electricidad (35%), y en menor medida el supergas (15%), aunque los datos de la leña son inciertos. El uso de otras fuentes, como el queroseno y el gas-oil, ha disminuido de manera significativa hasta alcanzar porcentajes menores al 5%. El gas natural tampoco supera esa cifra.

En tercer lugar se ubican las necesidades industriales (22% en 2006). En este rubro, la participación de las distintas fuentes de energía varía enormemente en pocos años. El fuel-oil, claramente mayoritario hace apenas una década, hoy ocupa un tercer lugar (17% del total del sector industrial), con un peso comparable al del gas natural (12%), mientras que la electricidad (30%) y la leña (24%) ocupan los dos primeros lugares. Los residuos de biomasa ocupan un papel creciente, pero alcanzan por ahora sólo el 8% del total.

En cuarto y quinto lugar de la demanda se ubican respectivamente el comercio y los servicios (9%), y el agro y la pesca (8%). Mientras que en el primero domina ampliamente la electricidad, en el segundo domina, con la misma amplitud, el gas-oil.

4.2.3 El uso eficiente de la energía

Nuestro país no ha comenzado aún a tomar conciencia de la importancia de la eficiencia energética. El consumo desciende sólo en ocasión de una crisis económica o energética. Pero esto no debe confundirse con eficiencia.

La DNETN y la UTE cuentan con un Programa de Eficiencia Energética financiado mediante una donación del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF). Aún con las escasas herramientas con las que se cuenta (regulaciones débiles, inexistencia de auditorías energéticas, fondos reducidos para el apoyo de iniciativas concretas, ausencia de otros instrumentos económicos), en apenas 2 años se han logrado avances muy interesantes. La Unidad de Eficiencia Energética de la DNETN ha elaborado, junto con UNIT, normas técnicas para la eficiencia energética, ha financiado proyectos de eficiencia en empresas industriales y de servicios así como intendencias, está elaborando un sistema de etiquetado de electrodomésticos, ha desarrollado cursos de capacitación y ha apoyado la divulgación de la temática en escuelas y liceos.

Una ley de eficiencia energética está en estudio en la DNTEN.

4.2.4 Energía y medioambiente

Si bien el tema medioambiental será tratado en el PENCTI de manera independiente en otro estudio, es necesario realizar aquí un par de puntualizaciones.

En nuestro país, la población se encuentra medianamente informada en relación al vínculo entre energía y cambio global. Sin embargo, la necesidad de que Uruguay produzca y consuma energía de manera respetuosa con el medioambiente no parece ser una preocupación. Sólo algunas organizaciones no gubernamentales, apoyadas por unos pocos académicos, parecen preocupados por el tema e impulsan de manera decidida la introducción masiva de energías renovables.

La posibilidad de subvencionar formas de generación de energía respetuosas del ambiente, como sucede en varios países del mundo, por ahora no parece tener apoyos importantes. Tampoco parece viable por el momento la posibilidad de castigar fiscalmente a consumidores o usuarios que contribuyan a la emisión de CO₂, como también sucede en el mundo.

En el lado opuesto a estas ideas, otros uruguayos involucrados en el tema energético se plantean la siguiente pregunta: si los países centrales no están dispuestos a disminuir de manera significativa y rápida sus emisiones de CO₂, ¿qué diferencia haría que Uruguay, responsable de una minúscula proporción de las emisiones mundiales pero aún así víctima de la emisión global, genere su energía emitiendo este gas? Más aún, se preguntan, ¿por qué Uruguay no podría introducir la tecnología del carbón cuando Alemania lo continúa utilizando para generar la mitad de su electricidad?

Por último, señalemos un aspecto particular generalmente soslayado: para acceder a algunas fuentes energéticas es necesario recurrir a la minería. La eventual extracción de esquistos bituminosos o petróleo debería realizarse de manera eficiente y cuidadosa. El tema sería mucho más delicado si se resolviera extraer uranio. Si bien existen técnicas para extraerlo de una manera amigable con el ambiente, una mina de uranio inadecuadamente explotada (tanto durante el período en que se encuentra en funcionamiento como luego de su cierre) puede impactar de manera muy significativa sobre su entorno.

4.2.5 Energía y equidad

En nuestro país sólo existen algunos estudios muy parciales sobre equidad y energía. Esto, de por sí, es un dato relevante. Más aún, tampoco existen en general políticas diferenciadas para favorecer el acceso a la energía de las poblaciones menos pudientes. Sólo en este último tiempo, el MIDES ha impulsado, junto con UTE, políticas tarifarias que aportan ciertos beneficios a estos hogares.

Sin embargo, un Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación puede incidir de una manera mucho más significativa en este asunto. Por ejemplo, deberían estudiarse cuales resultan las alternativas tecnológicas más adecuadas para satisfacer las necesidades de las casas más humildes. Por nombrar sólo un ejemplo, sería necesario determinar cuál es el método más adecuado para calefaccionar hogares de bajos recursos, tomando en cuenta aspectos económicos, de acceso a la fuente, el aislamiento de la vivienda, etc. Asimismo, deberían estudiarse materiales de construcción térmicamente eficientes y de bajo costo.

5. Los paradigmas de cara al futuro

En esta sección analizaremos cuales son los principales paradigmas hacia el futuro. Comenzaremos describiendo muy brevemente los estudios de prospectiva energética y las dificultades asociadas a este tipo de estudios; luego describiremos cuáles son las tendencias mundiales de investigación y desarrollo en materia energética en el mundo y, finalmente, analizaremos algunos paradigmas particulares de nuestro país.

5.1. Los estudios de prospectiva

Debido a la enorme cantidad de variables que afectan al tema energético, las previsiones de cara al futuro varían de manera significativa de acuerdo al escenario global previsto. La mayoría de los estudios de prospectiva serios acuerdan que, para mediados de siglo, no se podrá reducirse el uso de combustibles fósiles a menos de 60%, la energía nuclear crecería de manera significativa hasta alcanzar 15% o incluso 20%, mientras que las energías renovables crecerían de manera espectacular, multiplicándose por cerca de 20 el peso que actualmente poseen en la matriz energética mundial. Todas las prospectivas concluyen también que el crecimiento en el consumo de energía será mayor en los países en vías de desarrollo.

En 2007, la Comunidad Europea realizó el “World Energy Technology Outlook to 2050”²³. El escenario de referencia con el que trabajaron prevé una continuación de las tendencias económicas y tecnológicas actuales, así como políticas climáticas moderadas lideradas por Europa. Concluyen que, para 2050, el consumo mundial de energía se multiplicaría por 2.2 (pasando a 22 Gtep anuales), el uso de combustibles fósiles disminuiría a 70% (26% petróleo, 26% carbón, 18% gas natural) y la energía nuclear alcanzaría al 15%, al igual que las renovables. La eficiencia energética, desde un punto de vista económico, aumentaría significativamente: el consumo de energía aumentaría en un factor de 2.2 mientras que el

23 WETO, Bruselas, 8 de enero de 2007, ec.europa.eu/research/energy/pdf/weto-h2_en.pdf

PBI mundial aumentaría por un factor de 4. La electricidad, en cambio, siguiendo el PBI, aumentaría también por un factor 4. Por último, dos tercios de la energía del mundo se consumirá en los países que hoy llamamos en vías de desarrollo.

El WETO-2050 analizó también dos escenarios alternativos: uno en el que las exigencias para disminuir la emisión de CO₂ fueran muy importantes y otro, derivado del anterior, en el cual se producirían ciertos desarrollos tecnológicos cambiando las tendencias actuales. En el primer escenario, el consumo anual de energía llegaría a 19 Gtep, el peso de las renovables y la nuclear sería de 20% cada una, trepando a 30% y 40% respectivamente para la producción de electricidad. En el segundo escenario alternativo, el consumo anual sería de 20 Gtep, 30% de los automóviles funcionaría con hidrógeno en vez de petróleo, mientras que el peso de la energía nuclear para producir electricidad podría trepar a 38%.

5.2 Las líneas de investigación en el mundo

La investigación y el desarrollo entorno a la globalidad de los problemas energéticos se ha incrementado significativamente en las últimas décadas, fundamentalmente a partir de la crisis petrolera de la década del 70 del siglo pasado. El cambio fue aún mayor desde el comienzo de este siglo.

Energías fósiles

El *petróleo*, la fuente de energía primaria más importante y la materia prima para producir la casi totalidad de los combustibles líquidos, es estudiado desde hace al menos un siglo. Debido al paulatino agotamiento de los yacimientos más interesantes, se ha comenzado a explotar petróleos cuya extracción es más compleja y más cara, ya sea por encontrarse a grandes profundidades en el mar, o por tratarse de petróleos pesados. Esto requiere una tecnología de alta complejidad que sólo poseen unas pocas compañías petroleras en el mundo. Asimismo, la creciente preocupación por el cuidado medioambiental exige que la calidad de los combustibles cumpla ciertos requisitos que antes no se pretendía alcanzar.

En cuanto a la generación de electricidad mediante *gas natural* y *carbón*, se continúa desarrollando nuevas tecnologías. Estas tienen un objetivo doble; por un lado, aumentar la eficiencia de transformación de la energía primaria en electricidad, por otro lado, lograr tecnologías limpias.

Este último problema es particularmente importante en relación al carbón, dado que contiene azufre el cual, al oxidarse durante la combustión, termina transformándose en ácido sulfúrico. Al mismo tiempo, debido a las altas temperaturas de las calderas que queman carbón, el nitrógeno del aire se transforma en

óxido de nitrógeno. Ambos óxidos contribuyen a las lluvias ácidas. Asimismo, estos procesos emiten polvo, que da lugar al viejo smog londinense y al actual aire irrespirable de algunos días del invierno de Pekin. Hoy en día existen tecnologías para evitar esta contaminación, pero es muy cara por lo que sólo se utiliza en los países más ricos. Procedimientos más baratos y eficientes se encuentran en proceso de desarrollo.

Sin embargo, la tecnología para capturar y almacenar el CO₂, producido inevitablemente durante estos procesos, no se encuentra aún disponible. Cada año, las 3 mil millones de toneladas de carbón quemadas para generar el 39% de la electricidad mundial producen más del tercio del total de las emisiones humanas de gas carbónico.

Energía nuclear

Los reactores en funcionamiento en el mundo los llamadas de primera y segunda generación y, actualmente, se encuentran en construcción los primeros de tercera generación, esencialmente más seguros, económicos y eficientes que sus dos predecesores. La cuarta generación de reactores, que permitiría, entre otras cosas, quemar uranio 238 (en lugar del uranio 235 que utilizan como combustibles los reactores actuales, y que es 140 veces menos abundante que el 238) o thorio 232 (más abundante aún que el uranio), están en proceso de desarrollo.

Por otro lado, la tecnología para la disposición final de los residuos nucleares, por un plazo mínimo de varias decenas de miles de años, ya existe pero se encuentra en proceso de perfeccionamiento y validación. Asimismo, se estudian en el mundo distintos procedimientos para reciclar estos residuos, con una doble finalidad: reutilizar parte de su contenido, y disminuir los años de toxicidad de los restos de este reciclado a unos pocos cientos de años. Finalmente, se está desarrollando la capacidad nuclear para generar hidrógeno para su uso, entre otros, en el transporte.

Energías renovables

En 2007, más de 15000 millones de dólares fueron invertidos en el mundo en investigación sobre este tipo de energías²⁴. Repasemos brevemente el estado actual del desarrollo.

En relación a la *energía eólica*, la potencia de los aerogeneradores no ha cesado de aumentar. El molino experimental instalado en el Cerro de los Caracoles, en el departamento de Maldonado, en la década del 90, era de sólo 150 kW. Hoy

²⁴ Resumen preliminar de Renewable 2007 – Global status report – REN21, Bali, Indonesia, diciembre de 2007

en día, se fabrican molinos de 5000 kW; se trata de enormes estructuras de 120 metros de alto, con palas de más de 60 metros. La tecnología para fabricar estos molinos es relativamente sencilla y una parte importante de su costo de fabricación proviene de la mano de obra.

En cuanto a la *energía solar*, la de tipo *térmico* es bien conocida. Las líneas de investigación actuales en relación al solar fotovoltaico serán analizadas en el próximo apartado.

La tecnología para producir energía a partir de *biomasa*, ya sea utilizando residuos agrícolas o industriales, es relativamente conocida, pero plantea desafíos para su implementación en cada caso concreto.

En cuanto a la energía hidráulica, la instalación de *mini y micro turbinas* no presenta mayores desafíos tecnológicos.

En relación a los *agrocombustibles*, por las razones señaladas más arriba, los estudios de prospectiva suelen concluir que el uso de los biocombustibles no se generalizará, pronosticándose porcentajes menores al 5% del total de los combustibles líquidos consumidos en el mundo, entre 2010 y 2050²⁵. Sin embargo, dado que resulta por el momento la única alternativa tecnológicamente viable para sustituir al petróleo en el transporte, la inversión es muy importante. La investigación se orienta a intentar producir, tanto biodiesel como bioetanol, a partir de nuevos insumos biológicos, de una manera eficiente (tanto desde el punto de vista económico como energético). Hasta ahora, sólo la producción de sucro-etanol resulta competitiva con las naftas, y sólo en algunas regiones. Más aún, con las técnicas actuales, sólo un tercio del potencial energético de la caña de azúcar es utilizado, por lo que la eficiencia de este proceso podría aumentarse aún más. Por otro lado, existen importantes esfuerzos para producir etanol celulósico, pero por el momento no existen procedimientos industriales competitivos.

Los sistemas híbridos y la cogeneración

En los últimos años han comenzado a proliferar sistemas híbridos y de cogeneración. Los primeros, son aquellos que suman varias fuentes de energía primaria complementarias (por ejemplo biomasa, solar térmica y eólica). En este sentido, los primeros automóviles híbridos funcionando en base a nafta y electricidad, están comenzando a comercializarse, aunque por ahora fuertemente subvencionados.

25 WETO, Bruselas, 8 de enero de 2007, ec.europa.eu/research/energy/pdf/weto-h2_en.pdf

Por cogeneración se entiende la producción simultánea de energía final para varios objetivos. Por ejemplo, la producción de vapor y electricidad a partir de un generador de vapor común es un desarrollo industrial que permite costos de energía eléctrica relativamente marginales y, en ese sentido, competitivos aunque la escala sea pequeña. Al igual que para otras industrias, aquellas que utilizan la cogeneración precisan verter sus excesos de electricidad a la red eléctrica.

La investigación en nuevas fuentes

Por otro lado, es posible detectar al menos cuatro líneas de investigación de más largo plazo en relación a fuentes energéticas aún no empleadas (o muy parcialmente utilizadas), todas ellas de gran potencial.

La que presenta una perspectiva temporal más cercana es el *hidrógeno*. No constituye una nueva fuente de energía sino un nuevo tipo de vector, como las naftas o la electricidad. Su uso parece particularmente adecuado para el transporte. Una de las dificultades que debe vencerse es la fabricación de las celdas que transforman en electricidad la energía potencialmente disponible en el hidrógeno; esta temática es objeto de investigación, tanto en el mundo como en nuestro país. Asimismo, otra dificultad para la utilización masiva del hidrógeno es su producción. En efecto, se trata de un elemento muy abundante en la Tierra, pero que no se encuentra libre sino que forma parte de moléculas (fundamentalmente en el agua o en los hidrocarburos). Por lo tanto, para poder obtenerlo, hay que *entregar* energía. Si bien en la actualidad esto suele realizarse a partir del gas natural, el procedimiento más viable para el largo plazo es la electrólisis del agua, aunque la eficiencia energética es de sólo 20%. Se estima que, hacia 2050, reactores nucleares de cuarta generación, funcionando a alta temperatura (900 a 1000 grados centígrados), serían los responsables de proporcionar la fuente de energía primaria necesaria²⁶.

La segunda fuente de energía en desarrollo es el *solar fotovoltaico*. La investigación en curso en el mundo, así como en nuestro país, se centra fundamentalmente en la construcción de celdas fotovoltaicas eficientes y de bajo costo. Por el momento, sólo es posible construir celdas con una eficiencia energética menor al 15%; por otro lado, la energía gastada en su fabricación supera la captada a lo largo de toda su vida útil. Asimismo, para dispositivos que no se encuentren conectados a la red eléctrica sino para su uso en el transporte, existe otro desafío tecnológico: el almacenamiento de la electricidad producida. El desarrollo de la energía solar fotovoltaica tiene un enorme interés: a partir de la segunda mitad

26 “Global Energy Technology Strategy, phase 2-research program”, J.A. Edmonds et al. mayo de 2007 ec.europa.eu/research/energy/pdf/weto-h2_en.pdf

de este siglo, una vez agotadas o muy disminuidas la mayoría de las fuentes de energía no renovables, se espera que una proporción mayoritaria de la energía consumida por el hombre provenga de esta fuente²⁷.

Un tercer objeto de intensa investigación tecnológica es la *fusión nuclear*, proceso semejante al que genera la energía del Sol y de la mayoría de las estrellas del Universo. Una vez agotados los combustibles no renovables y utilizado todo el potencial disponible de las energías renovables, incluyendo la totalidad de la energía directa que recibimos del Sol, la única alternativa para poder seguir aumentando el consumo energético es fabricar en la Tierra una “estrella propia”. El proceso involucrado es relativamente limpio, el combustible (hidrógeno pesado y litio) es relativamente abundante en la Tierra, pero resulta extremadamente difícil de reproducir. La dificultad mayor consiste en mantener “encendido” al reactor. A pesar de las decenas de miles de millones de dólares invertidos hasta ahora, los prototipos construidos no consiguen funcionar adecuadamente.

Por último, no debe descartarse las investigaciones en curso en relación a las diferentes formas de energía disponible a partir del mar. Más allá de la *mareomotriz*, originada en las mareas, la energía *undimotriz*, es decir, la energía de las olas, está siendo intensamente estudiada en varios países del mundo. No se conoce el potencial undimotriz de nuestro país.

5.3. Paradigmas para nuestro país

En este último apartado discutiremos algunos paradigmas relacionados con el futuro de la energía en nuestro país. En primer lugar, es necesario aclarar que los estudios de aplicabilidad o conveniencia de una fuente energética respecto de otra varían mucho de un país a otro. Ningún estudio de prospectiva o de análisis económico de una propuesta puede realizarse de manera aislada del contexto tecnológico, económico, social, político, medioambiental de una sociedad. En algunos países, estos factores son incluso tenidos en cuenta en el balance económico: los costos medioambientales, como por ejemplo una tasa para la emisión de CO₂, o los costos que debe enfrentar la Salud Pública nacional a raíz del uso de ciertas fuentes, son internalizados en el precio de una determinada energía. Nada de esto sucede en Uruguay.

En cuanto a las fuentes y el futuro, comenzando por el *petróleo*, ANCAP maneja adecuadamente la refinación pero carece de experiencia tecnológica en relación a la exploración y explotación de yacimientos petrolíferos y gasíferos. La

27 Predicción del World Energy Outlook de la Agencia Internacional de Energía

posible explotación conjunta con PDVSA del petróleo pesado de una parte de la cuenca del Valle del Orinoco plantea nuevos desafíos.

Pasando al *gas*, en caso de que nuestro país instale la planta de regasificación conjunta con Argentina (ver sección 7.2.1), gracias a la cual el caudal de gas natural al que tendría acceso se multiplicaría por 20, resulta viable la instalación de plantas generadoras de electricidad mediante gas natural de “ciclo combinado”, que poseen un alto rendimiento (más de 50%). También se plantea la posibilidad de su uso como GNC (gas natural comprimido) en vehículos.

En cuanto a la energía *nuclear*, se plantean dos posibilidades. En caso de pretenderse un desarrollo autónomo, la central debería ser de pequeño porte (no más de 300 MW), dado que la pequeña red eléctrica uruguaya no admitiría centrales de tamaño mayor. Dos decenas de tipos de reactores de pequeño tamaño (menos de 300 MW) con tecnologías a medio camino entre la tercera y la cuarta generación, se encuentran en proceso de desarrollo en el mundo²⁸. Sólo puede esperarse que 2 o 3 de estos proyectos se conviertan en reactores comercializables antes de 2015-2020. La segunda alternativa consistiría en realizar un desarrollo conjunto con uno de nuestros vecinos nucleares. Esta alternativa tiene la ventaja de permitir un manejo conjunto de los desechos y de la autoridad reguladora. Cualquiera sea la alternativa, un eventual desarrollo de la industria electronuclear en el país exige una fuerte formación en recursos humanos, en muy diversas especialidades.

Pasando a las energías renovables, Uruguay no posee las capacidades industriales para fabricar *aerogeneradores*, pero sí los conocimientos industriales necesarios para su construcción (trabajo con fibra de vidrio, mecánica de precisión, electrónica de potencia, mano de obra calificada). Por otro lado, no existen mayores dificultades tecnológicas para la fabricación de pequeñas (hasta 15 MW) calderas para *biomasa*. En cuanto a las *microturbinas*, no se ha conseguido aún proyectos que puedan autofinanciarse.

Para cerrar esta sección señalemos que, además de la generación de la energía, otros aspectos relevantes para nuestro país son, o deberían comenzar a ser, objeto de investigación. Por ende, deben ser tenidos en cuenta en la formulación de un Plan Nacional de investigación, desarrollo e innovación.

En primer lugar, la introducción de nuevas fuentes de energía en el país, o nuevas tecnologías asociadas con fuentes preexistentes, puede plantear *grandes dificultades para las grandes empresas públicas* (ANCAP, UTE) y privadas encargadas de la generación; la resolución de estas dificultades debe merecer estudios

28 Status of innovative small and medium sized reactors design. IAEA-TECDOC-1485, Viena, Austria, 2006.

específicos. En caso de introducirse una tecnología particularmente novedosa, la eventual creación de un nuevo ente encargado de la generación y/o distribución podría estudiarse de manera puntual.

Por otro lado, no sólo debe analizarse la generación de energía sino también su *distribución*. En particular, la gestión de una red eléctrica resulta particularmente compleja, más aún en caso de que se introdujeran fuentes de generación distribuidas. Este es un tema de estudio en el país, que debería profundizarse.

Otro aspecto a destacar es que los *análisis globales de prospectiva*, el manejo de escenarios alternativos y el estudio de la robustez del entramado energético de un país en un determinado marco regional, también merecen un trabajo pormenorizado; este contiene aspectos de tecnología dura, pero también medioambientales, sociales, económicos, de política internacional, etc. En el país sólo existen estudios recientes que deberían profundizarse.

La determinación de la solución *energética específica más adaptadas para cada gran consumidor*, fundamentalmente los industriales, y la transferencia tecnológica necesaria para alcanzar estas soluciones, son también asuntos que exigen estudios detallados.

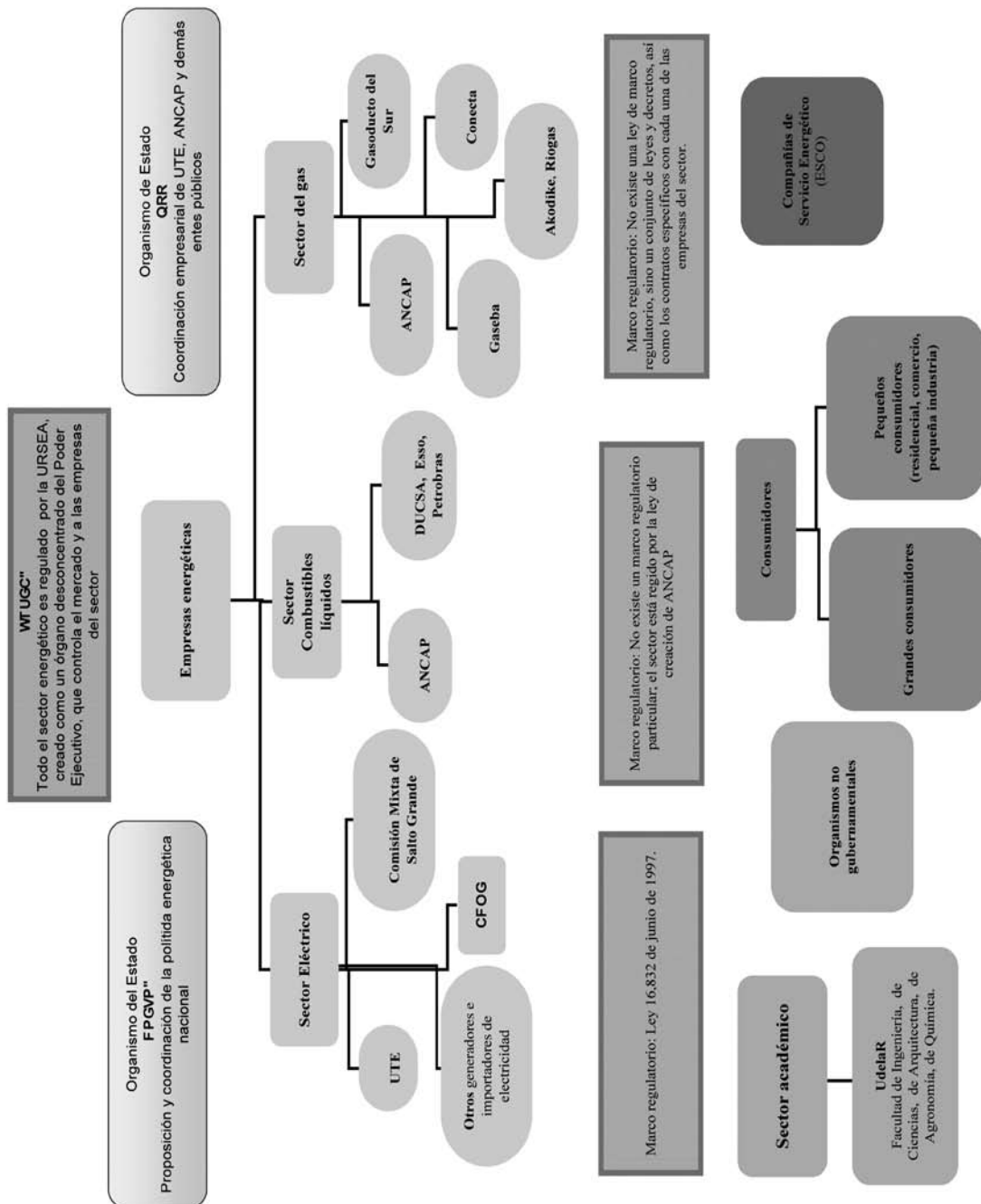
Finalmente, también debería ser objeto de análisis diversas problemáticas asociadas a la *eficiencia energética* y al *acceso a la energía* de los sectores más carenciados. Sobre estos dos aspectos volveremos más adelante.

6. Las capacidades locales

La estructura del sistema energético nacional está constituida por varios actores entrelazados. En primer lugar, analizaremos los tres grandes sectores de generación y distribución de energía. Luego describiremos específicamente el importante rol del Estado en esta área. Luego analizaremos el pequeño sector académico del país y, por último, dos importantes actores del sector energético uruguayo, ambos del sector privado: los consumidores y las empresas que contribuyen a la introducción de nuevas tecnologías en materia energética.

En el Esquema 1 se presenta una síntesis de la estructura del sistema a los efectos de clarificarla.

Esquema 1. Estructura del sistema energético Uruguayo



6.1 Los tres grandes sectores energéticos

Es posible distinguir en el país tres grandes sectores energéticos: el eléctrico, el de los combustibles líquidos y el del gas.

El *sector eléctrico* de nuestro país posee dos empresas, una de ellas dominante, ambas estatales. Por un lado la UTE, encargada de la generación, la transmisión y la distribución de la electricidad; por otro lado, la Comisión Técnica Mixta de Salto Grande, ente público binacional encargado de la generación. Asimismo, existen otros pequeños generadores e importadores de electricidad. Un organismo estatal independiente, ADME, es el encargado de regular el mercado eléctrico y, en particular, el despacho de carga. Sin embargo, dada la escasa presencia en el país de generadores de electricidad privados, en la práctica el despacho de cargas es administrado por UTE. Todo el sector está regido por la ley 16.832 de junio de 1997.

El sector de los *combustibles líquidos* tiene una gran empresa estatal, ANCAP, encargada de la importación del petróleo y sus derivados, su refinación y la exportación de derivados. Por otro lado, la distribución es realizada por empresas públicas (DUCSA, que pertenece a ANCAP) y privadas: Esso y Petrobras. No existe un marco regulatorio particular; el sector está regido por la ley de creación de ANCAP.

El parlamento ha aprobado muy recientemente una ley de fomento de los agrocombustibles, que otorga beneficios impositivos a empresas productoras de biodiesel y que define objetivos específicos para que el gasoil vendido en nuestro país tenga, en el correr de la próxima década, una proporción creciente de biocombustible.

El sector del *gas* presenta varias empresas públicas y privadas. Las principales son: Gasoducto del Sur (encargada del transporte del gas natural desde Argentina), Conecta (encargada de la distribución del gas natural en el interior del país), Gaseba (encargada de la distribución del gas natural en Montevideo), ANCAP (productora del gas licuado derivado del petróleo, supergas y propano), así como las empresas encargadas de su distribución: ANCAP, Acodike, Riogas y Megal. Tanto Gaseba como Conecta fueron compradas por PETROBRAS. No existe una ley de marco regulatorio para el gas, sino un conjunto de leyes y decretos, así como los contratos específicos con cada una de las empresas del sector.

6.2 El rol del Estado

Dos organismos del Estado cumplen funciones de prospectiva y coordinación: en primer lugar, la Oficina de Planeamiento y Presupuesto, en el marco de

sus funciones globales dentro del Estado, se encarga fundamentalmente de la coordinación empresarial de UTE, ANCAP y demás entes públicos. En segundo término, con un papel más específico, la DNETN, perteneciente al MIEM, es la unidad responsable de la proposición y coordinación de la política energética nacional.

En marzo de 2005 se produjo un cambio importante en el trabajo de la DNETN: la misma fue reforzada con un conjunto de técnicos de muy buen nivel que han dirigido y/o coordinado, junto con académicos, empresarios y representantes de otros organismos públicos, una serie de estudios, relevantes tanto por la cantidad como por la calidad, en relación a la matriz energética nacional. Asimismo, en esta Dirección funciona un sector específico encargado de la eficiencia energética.

Cabe resaltar que, a pesar del cambio significativo ocurrido, la DNETN posee aún ciertas debilidades: una buena parte de su personal técnico encargado de la prospectiva no es funcionario de la Dirección sino que se encuentra trabajando con “pase en comisión” desde otro organismo estatal. Por otro lado, el presupuesto para financiar estudios o consultorías es prácticamente inexistente.

Una ley de Eficiencia Energética y un marco regulatorio específico para el gas se encuentran a estudio en la DNETN.

La Unidad Reguladora de Servicios de Energía y Agua (URSEA), creado como un órgano desconcentrado del Poder Ejecutivo, ejerce funciones de regulación y fiscalización de todo el sector energético. Sus principales cometidos están relacionados con la emisión de normas técnicas de seguridad y calidad, la defensa de la competencia y la regulación de las actividades monopólicas, el control del cumplimiento de la normativa vigente, la defensa del consumidor, y el asesoramiento al Poder Ejecutivo en temas relacionados con el sector.

Como se desprende de lo anterior, el sector energético nacional tiene una muy fuerte impronta estatal, centrada en sus dos grandes empresas, UTE y ANCAP.

Históricamente, la coordinación, la prospectiva y la planificación energética han sido relativamente escasas. Las grandes empresas energéticas estatales compitieron entre sí (por ejemplo, se enfrentaron, a través de la prensa, en relación a la manera más eficiente para calefaccionar una casa) y fueron, en general, dirigidas por políticos no especialistas en el tema; carecieron por lo tanto de políticas de medio y largo plazo. Asimismo, el rol coordinador y planificador de la DNETN fue, salvo excepciones, muy escaso, dado que UTE y ANCAP actuaron con gran independencia. En los últimos 15 años, ambas empresas han emprendido un proceso de mejora de la eficiencia empresarial. Cuentan con equipos

técnicos calificados, aunque la renovación generacional es escasa; los salarios resultan razonables para la media local. A partir de marzo de 2005, las nuevas autoridades energéticas comenzaron a actuar de una manera mucho más coordinada, potenciando las capacidades empresariales de ambos entes. Asimismo, se están sentando las bases para el diseño de una política de desarrollo empresarial a medio y a largo plazo.

Ninguna de las dos grandes empresas energéticas del Estado tiene un departamento de investigación y desarrollo. En el caso de ANCAP, se considera que, en el área del petróleo, esta actividad sólo puede ser realizada por unas pocas empresas multinacionales. Sin embargo, apuestan a la asociación con grupos académicos locales para resolver algunos problemas puntuales y para el seguimiento del desarrollo tecnológico de largo plazo.

6.3 El sector académico

El país cuenta con una pequeña comunidad trabajando en temas energéticos. Sólo media docena de investigadores centran sus temas de investigación en el problema energético. Un puñado un poco mayor incluye, dentro de sus áreas de trabajo, aspectos relacionados con la energía.

Sin embargo, a pesar de su escaso tamaño, esta pequeña comunidad se encuentra muy activa y ha contribuido con propuestas y reflexiones de alto nivel. El grupo de energías renovables de la Facultad de Ingeniería viene estudiando, desde hace casi dos décadas, el potencial eólico, hídrico y solar del país (ha instalado, por ejemplo, un aerogenerador experimental en el Departamento de Maldonado. Por otro lado, también en dicha Facultad, diversos investigadores estudian mecanismos para producir energía a partir de residuos industriales. El país cuenta también con un conjunto de investigadores (en las Facultades de Química, Ingeniería, Agronomía, INIA) trabajando en varios aspectos relacionados con la producción de agrocombustibles. Asimismo, un grupo de la Facultad de Ciencias investiga, desde hace al menos una década, las celdas de hidrógeno. Por último, en la Facultad de Arquitectura se estudian mecanismos para mejorar el aislamiento térmico de las construcciones.

Todos estos grupos tienen una marcada vocación por resolver problemas prácticos asociados a la realidad local. Asimismo, algunos investigadores de estos equipos contribuyen a la investigación fundamental en su área de trabajo, publicando sus resultados en revistas internacionales

Además de los grupos descriptos, que investigan en aspectos básicos y tecnológicos asociados con la energía, el país cuenta también con varios técnicos e

investigadores del área social y económica, pero también ingenieros y matemáticos, dispersos en varios organismos del Estado además de la Universidad de la República, y que estudian temas como la evolución de los precios de las diversas fuentes de energía, el mercado eléctrico, la generación distribuida, la eficiencia lumínica, o construyen herramientas para realizar simulaciones energéticas. Asimismo, algunos organismos no gubernamentales, situados fuera del área académica tradicional, juegan un papel en la reflexión y la difusión del conocimiento.

Casi todos estos equipos académicos adolecen de un defecto común: el tamaño reducido de los grupos. Asimismo, no existe una instancia que aglutine a todos estos actores dispersos y que les permita alcanzar una reflexión común.

6.4 Los consumidores

En el tema energético, al igual que en muchos otros, el papel de los consumidores es central. Muchos de los cambios necesarios en el sector energético pueden resolverse centralmente (por ejemplo, la instalación de una nueva central para producir electricidad); otros cambios pueden favorecerse con decisiones centrales (por ejemplo, con los precios de las tarifas para favorecer una determinada fuente, o subvencionando determinados procedimientos, como la producción de biodiesel). Pero muchos otros cambios sólo pueden producirse con la participación directa de los consumidores (por ejemplo, mejora en el aislamiento térmico de viviendas, uso de bombitas de bajo consumo, o instalación de colectores solares para el agua sanitaria).

Es posible diferenciar dos tipos de consumidores; por un lado, el sector residencial, el comercio y la pequeño industria y, por otro lado, los grandes consumidores.

Para muchas de las grandes empresas consumidoras de energía, no siempre resulta claro distinguir cuál es la fuente energética más adaptada a sus necesidades. Asimismo, en general, la posibilidad de generación propia de energía mediante la reutilización de sus desechos se encuentra desperdiciada. En varias industrias, incluso estatales²⁹, este procedimiento tendría un doble e interesante potencial: la producción de energía y la disminución de residuos y efluentes.

Es por lo tanto necesario mejorar el apoyo a dichas empresas, asesorarlas en el uso de sus recursos energéticos, mejorar el flujo de información, dar garantías

²⁹ Por ejemplo, en ALUR, los esfuerzos energéticos se concentran en la quema de bagazo. Sin embargo, a partir del tratamiento de sus efluentes podría obtenerse hasta 10000 metros cúbicos diarios de biogás.

de abastecimiento a largo plazo, etc. En un país de la talla del nuestro, parece factible poder acordar este tipo de iniciativas conjuntas.

En cambio, para el sector residencial, el comercio y los servicios, la única manera de lograr cambios es mediante un cambio cultural. En general, la mayoría de los consumidores carecen de la información adecuada para determinar, por ejemplo, cuáles son los mecanismos más adecuados para calefaccionar, aislar térmicamente, iluminar, ahorrar energía, etc.

6.5 Las “Compañías de Servicio Energético”

En el final, analicemos al sector empresarial que puede contribuir a la adecuada introducción de nuevas tecnologías, ya sea convirtiéndose en generadores o en proveedores de equipamiento para el Estado o para particulares. En el mundo, estas compañías se conocen como ESCO's (Energy Service Companies).

Estos actores merecen la mayor atención. Por ejemplo, no es posible imaginar la introducción masiva de paneles solares térmicos, de agrocombustibles, de sistemas de aislamiento térmico, etc, sin comprender las dificultades propias de las empresas que las producen o que diseñan las plantas para poder producirlos.

Citemos dos ejemplos relevantes para nuestro país: las capacidades industriales locales para fabricar grandes calderas o, aunque sea en parte, aerogeneradores. Existen dos empresas con el conocimiento tecnológico adecuado para fabricar calderas de porte medio (un par de decenas de MW de potencia eléctrica) aunque precisarían inversiones para poder garantizar la capacidad industrial. Por otro lado, una buena parte de la tecnología requerida para fabricar aerogeneradores existe en el país: trabajo con fibra de vidrio (utilizado en el pasado para fabricar carrocerías de autos y barcos deportivos), electrónica de potencia, mecánica de precisión; se carece en cambio de capacidad industrial.

En este mismo sector corresponde ubicar a las empresas, que muchas veces son también grandes consumidoras y que utilizan parte de sus residuos para producir energía propia, vendiéndole sus eventuales excedentes a la red nacional. En particular, la empresa BOTNIA posee una producción propia de electricidad de 110 MW a partir del licor negro, que en gran parte es utilizada internamente, pero varias decenas de MW podrán ser volcados a la red de UTE.

La preocupación por el desarrollo de estos “aliados estratégicos” también debe formar parte de un plan nacional de ciencia, tecnología e innovación en materia energética.

7. Dificultades y desafíos

En esta sección analizaremos las dificultades encontradas: la planificación y la regulación, los cuellos de botella para introducir nuevas tecnologías, las dificultades para generar conocimiento, los problemas de los empresarios, el difícil camino de la eficiencia energética.

7.1 Dificultades y desafíos en la planificación estatal y en la regulación

El sector energético uruguayo sufre las consecuencias de una larga etapa con escasa planificación y coordinación. Por ejemplo, durante los 15 años anteriores al 2005, se intentó dejar el ingreso de nuevos generadores eléctricos en manos del mercado. Como consecuencia, UTE no incorporó ninguna nueva planta generadora desde 1991. Al asumir el nuevo gobierno, fue necesario culminar urgentemente la compra de Punta del Tigre funcionando en base a gas-oil, única forma de combustible fácil y rápidamente accesible. Asimismo, la falta de planificación impidió que se previera la situación actual del gas, en la que existen gasoductos con capacidad para multiplicar por 40 el gas comprado en Argentina, sin posibilidades de uso; se incentivó a empresas a adquirir tecnología gasífera, pero la demanda no pudo ser satisfecha en su totalidad.

Si bien el avance en estos últimos dos años ha sido notorio, como describíamos en la sección anterior aún queda mucho camino por recorrer. En primer lugar, UTE y ANCAP continúan actuando con gran autonomía, lo que minimiza por ahora el rol planificador y coordinador de la nueva DNTEN. Por otro lado, esta Dirección no ha logrado consolidar un equipo humano propio y mucho menos contar con un presupuesto razonable para poder financiar sus trabajos. Para hacerlo, ha debido recurrir a los concursos de proyectos del PDT.

En cuanto a las dos grandes empresas energéticas del país, adolecen de las dificultades propias de cualquier organismo estatal con varios miles de empleados: una pesada estructura gerencial que suele permanecer incambiada ante la sucesión de Directorios y que tiene por tanto un “proyecto empresarial” propio, una tendencia natural a mantener las tecnologías de producción y generación conocidas, un celo particular ante la irrupción en el mercado de posibles competidores privados que no pueden controlar, etc. Las inercias de ambas empresas podrían dificultar las transformaciones necesarias para la introducción de nuevas tecnologías. Por otro lado, la falta de un departamento de investigación y desarrollo propio puede dificultar la resolución de ciertos problemas técnicos.

En relación al marco regulatorio, si bien se ha avanzado en relación a los agrocombustibles, varios aspectos del sector aún escapan a una reglamentación clara.

Por ejemplo, no existe ninguna ley que promueva el uso eficiente de energía. Esto se debe, en gran parte, a que cualquier política pública con esta finalidad demanda la existencia de fondos específicos, cuya reserva parece por ahora incierta. Asimismo, la situación del gas merece un marco general más adecuado. En este mismo sentido, el marco regulatorio que determina el camino para que generadores de electricidad privados puedan despachar carga debe ser clarificado.

7.2 Dificultades y desafíos para la introducción de nuevas tecnologías

Dejando de lado las dificultades institucionales, la introducción de nuevas tecnologías pone, o ha puesto, de manifiesto ciertas dificultades.

7.2.1 Dificultades y desafíos en el corto y medio plazo

En relación al *gas*, la imposibilidad de Argentina de satisfacción de nuestras demandas ha exigido que la nueva planta de Punta del Tigre, prevista inicialmente para funcionar mediante gas natural en una modalidad de ciclo combinado, tenga que funcionar en base a gas-oil, a un absurdo precio de generación que ronda los 180 dólares por MWh. (recordemos que, en promedio, UTE cobra unos 100 dólares por cada MWh entregado a los consumidores, lo que incluye no sólo los costos de generación, sino también los de transmisión, los de distribución y los comerciales).

Esta dificultad de abastecimiento también ha tenido consecuencias muy negativas para empresas que habían convertido sus sistemas para basarlos en el gas natural. La estrategia prevista para el futuro mediano es la instalación de una planta regasificadora conjunta con Argentina, lo que permitiría comprar gas licuado en el mercado internacional y venderle el exceso a nuestros vecinos, usando los gasoductos existentes en el sentido opuesto al previsto. Esto demandará tiempo (no menos de 3 o 4 años), la eventual construcción de un nuevo puerto de aguas profundas, así como la introducción en el país de la tecnología de la regasificación.

En caso de que esta iniciativa prospere, el país dispondría de cerca de 5 millones de metros cúbicos diarios de gas natural, unas 20 veces la cantidad consumida hoy. Más aún, el gas disponible tendría una capacidad energética de 1700 ktep anuales, o sea el 70% del total de la matriz energética primaria actual. Esto ofrece simultáneamente enormes riesgos y oportunidades. El riesgo es la vulnerabilidad del negocio: para poder reparar la planta es imprescindible que Argentina compre todo lo que le sobre al Uruguay durante muchos años, lo que podría no ocurrir en caso de que obtenga gas natural más barato en su propio territorio o con Bolivia (licuar gas en origen, trasladarlo en barcos y volver a gasificarlo tiene un sobre-coste de entre 2 y 3 dólares por MBTU, comparable con el precio del gas natural

que oscila entre 5 y 10 dólares por MBTU, de acuerdo a la región del mundo). La oportunidad que se plantearía sería la de aprovechar esta ocasión para fomentar un gran vuelco en la matriz energética uruguaya, dándole un espacio al gas no sólo para producir electricidad, para calefacción y para la industria, sino para el transporte.

En cuanto a la energía *eólica*, se han realizado llamados internacionales para la instalación de aerogeneradores. Sin embargo, debido a que las empresas oferentes son europeas y que el precio de los aerogeneradores en aquella región del mundo se encuentra fuertemente subvencionado, dichas empresas sólo aceptarían desplazarse hasta nuestro país si se les ofreciera una instalación masiva de molinos y a un precio excesivo para nuestra realidad actual. A esto se suma el hecho de que el desarrollo de proyectos de gran porte en otras partes del mundo desbordó la capacidad de producción de aerogeneradores.

Por otro lado, los llamados para la introducción de quemadores de *biomasa* para producir electricidad han tenido un éxito parcial. Si bien se han incorporado 30 MW a partir de esta fuente, a partir de la quema de cáscara de arroz, la introducción masiva de esta tecnología, fundamentalmente para quemar residuos de la industria forestal, demanda el impulso previo de las capacidades industriales para la fabricación de grandes calderas.

En relación a la energía *solar térmica*, por tratarse de una decisión de cada núcleo familiar o cada empresario, su introducción masiva demanda, al menos, una información exhaustiva y seguramente algún tipo de incentivo inicial (deducciones impositivas, créditos blandos, etc).

En cuanto a las *microturbinas*, las dificultades para su instalación se originan en el costo, fundamentalmente el relacionado con la construcción de las represas.

Pasando ahora al sector de los *combustibles líquidos*, uno de los mayores desafíos a corto y medio plazo para ANCAP es la participación, junto a ENARSA y PDVSA, en la explotación de la orimulsión venezolana. Para ello debe enfrentar la dificultad de su falta de experiencia previa en explotación de yacimientos. Asimismo, debería hacer frente a la adaptación de su refinería para poder procesar dichos crudos pesados. Por otro lado, la nueva ley de agrocombustibles obliga a ANCAP a que en un plazo de 5 años el gasoil vendido en el país tenga una proporción de biodiesel de 5%. Esto representa también un gran desafío para la empresa petrolera nacional.

7.2.2 Desafíos para el largo plazo

Supongamos un escenario para la década del 20, asumiendo que la economía y la demanda de energía en Uruguay continuaran creciendo al ritmo actual, y que la investigación y el desarrollo en el mundo continuaran con las tendencias actuales. Supongamos también el escenario más favorable en el cual, en la próxima década, consigan superarse todas las dificultades planteadas más arriba para la introducción de energías renovables en el país.

En este escenario, en 2020 la demanda pico de potencia eléctrica en Uruguay alcanzaría los 2500 MW, cerca de 900 MW más que hoy. Supongamos que pudieran instalarse 800 MW de granjas eólicas con un factor de capacidad medio de 30%, que todos los residuos forestales consiguieran quemarse aportando una potencia extra de 300 MW, que la industria nacional aportara otros 200 MW a partir del tratamiento de sus residuos y que la energía solar penetrara de manera significativa (aportando el equivalente de otros 100 MW). Aún así, la capacidad instalada no sería suficiente para satisfacer la totalidad de la demanda (habría un pequeño faltante un poco menor a 100 MW). El déficit sería claramente mayor si el objetivo para la próxima década incluyera el reemplazo o la reconversión tecnológica de los cientos de MW instalados que generan electricidad mediante derivados del petróleo.

Por lo tanto, para la tercera década de este siglo, las únicas alternativas viables serían el gas natural licuado, o la introducción de una nueva tecnología: el carbón o la energía nuclear. En el primer caso, como se señaláramos más arriba, el riesgo mayor es el aumento del precio del gas: mientras que en una central de carbón el peso del combustible en el valor final del MWh generado es de 50% y en una central nuclear 20%, en una central de gas de ciclo combinado trepa al 80%, lo que muestra la incertidumbre económica de esta última iniciativa³⁰.

Al mismo tiempo, las otras dos alternativas presentan también importantes desafíos; por citar sólo dos problemas relevantes, el carbón es el responsable de las mayores emisiones de CO₂, mientras que la energía nuclear plantea la dificultad del tratamiento de los residuos. Por otro lado, por tratarse de dos tecnologías desconocidas en nuestro país, será necesario formar técnicos, profesionales e investigadores.

Tanto UTE como la DNETN se encuentran estudiando estas alternativas. Cualquiera sea la decisión que se tome, esta requerirá un fuerte apoyo técnico, tanto desde las ciencias duras y las tecnologías, como desde las ciencias sociales y económicas.

³⁰ World Energy Outlook 2006, Agencia Internacional de Energía

En cuanto a los combustibles líquidos dos temas dominan el largo plazo. El primero es la incierta evolución de los biocombustibles. Será necesario continuar desarrollando nuevas tecnologías y nuevas semillas seleccionadas desde el punto de vista del rendimiento energético. El segundo es el eventual advenimiento de la “economía del hidrógeno”. Si bien aún nos encontramos a muchos años de la irrupción de este nuevo vector energético, es necesario conocer los avances tecnológicos y contribuir a su desarrollo. En nuestro país, esto es realizado por un pequeño grupo de investigadores de la Facultad de Ciencias.

ANCAP sigue con atención los desarrollos en relación al hidrógeno y los biocombustibles, en contacto con los investigadores nacionales que trabajan en el tema.

7.3 Dificultades en el sector académico

Los académicos que trabajan en este área del conocimiento comparten las dificultades globales de los creadores de conocimiento uruguayos: falta de continuidad en la financiación de proyectos concursables, falta de continuidad en el apoyo a los investigadores, ausencia de becas para financiar pasantías científicas y estudios de posgrado, etc. A eso se suma el reducido tamaño de la comunidad energética uruguaya y al hecho de que muchos de estos investigadores no trabajan en exclusividad en temas energéticos.

La falta de continuidad en el apoyo global para la ciencia y la tecnología y la ausencia de un decidido apoyo a nivel gubernamental a la problemática energética ha desalentado a muchos jóvenes a estudiar estos temas. En particular, no se ha creado un posgrado en temas energéticos. Esto también desalienta a que investigadores de otras áreas (por ejemplo, la física o la matemática) se interesen por colaborar en estos asuntos.

Por último, es necesario señalar que el país cuenta con escasos expertos en importantes temas básicos asociados con la problemática energética: ciertos aspectos de la ingeniería mecánica, la ingeniería del petróleo, la tecnología del gas, la tecnología del carbón, la industria electronuclear, etc

7.4 Desafíos a nivel empresarial

En cuanto a la introducción de las tecnologías más adaptadas a cada industria, el camino por recorrer es aún muy extenso. Las empresas pequeñas carecen en general de un departamento técnico que las oriente adecuadamente hacia la fuente energética más adecuada. Por otro lado, como señalan diversos informes, la innovación tecnológica no es práctica usual en las empresas de nuestro país.

Asimismo, el acceso a financiación adecuada es un escollo que sólo se supera con dificultad y altos costos.

Tampoco se cuenta con encuestas y/o estudios de casos que pongan de manifiesto tanto las dificultades como las potencialidades energéticas de las empresas. Este estudio es particularmente relevante para las ESCO's nacionales.

7.5 La eficiencia energética

El Estado uruguayo se ha dado muy escasas herramientas para impulsar la eficiencia energética. Con las pocas que posee se ha promocionado reconversiones energéticas menores en industrias y comercio, el ahorro público y privado, la difusión del tema en los ciudadanos, etc.

No existen en el país políticas de incentivos fiscales, créditos blandos o subsidios, como existen en otros países del mundo para poder desarrollar políticas de ahorro energético. Tampoco existen regulaciones (para la construcción, los hogares, las empresas, el transporte) ni auditorías energéticas. Sólo existen escasos estudios científicos para impulsar la eficiencia energética. Estos deberían abarcar tanto reflexiones tecnológicas como sociales y educativas. Ejemplos de temáticas que deberían abordarse son el uso eficiente de los sistemas de transporte colectivo, incluyendo la eventual utilización de medios alternativos (fluvial, ferrocarril eléctrico, trenes eléctricos urbanos y suburbanos, etc), el uso eficiente de la iluminación residencial y pública, el aislamiento térmico adecuado en los hogares y oficinas, el estudio de materiales de construcción autóctonos eficientes desde el punto de vista del aislamiento térmico, el etiquetado de electrodomésticos, la mejora en la eficiencia en la circulación de automóviles (por ejemplo, con las “ondas verdes” de los semáforos que evitan el frenado continuo de los vehículos).

También es necesario que UTE estudie las pérdidas en los sistemas de distribución y ANCAP los de almacenado de combustible.

Por último, para incrementar la información y la concientización social, es necesario actuar en el sistema educativo formal (en la formación de ingenieros y arquitectos) e informal, en la información pública, con las empresas de transporte, con los grandes consumidores, etc.

8. Los instrumentos propuestos

Cualquier conjunto de instrumentos que pretendan fomentar un Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en materia energética debe tener en cuenta que el Estado deberá jugar un papel central en la planificación, la coordinación y el impulso de una política energética nacional. Los actores privados son funda-

mentales, pero la experiencia local y mundial muestra que el mercado, por sí sólo, no tiene capacidad suficiente para resolver la globalidad del problema energético. Asimismo, debe tenerse en cuenta que el enfoque sólo puede hacerse teniendo en cuenta la diversidad de factores englobados en esta problemática, tanto sociales, como laborales, económicos, medioambientales y tecnológicos. Como contrapartida, una adecuada resolución de los temas energéticos tiene un profundo impacto sobre otras variables de la vida del país.

Antes de analizar los objetivos que se pretende alcanzar, así como las herramientas que se propone impulsar, es necesario realizar un par de puntualizaciones. La primera es que se asume que en otro documento del PENCTII se describen herramientas específicas para impulsar el cuidado del medioambiente. La segunda es que, como muestran todos los ejemplos mundiales, no es posible construir una política de innovación y desarrollo en un determinado sector sin el apoyo de una comunidad académica dedicada a la investigación fundamental que pueda trabajar de manera vigorosa. Por lo tanto, se asume aquí que el PENCTII impulsará también instrumentos para dotar a la globalidad de la comunidad académica de un número razonable de proyectos de investigación concursables, salarios adecuados, posibilidad de intercambio científico internacional, formación de recursos humanos, etc..

8.1 Los objetivos

Para el diseño de los instrumentos que se proponen más adelante, se han identificado 7 objetivos a alcanzar.

Mejorar la capacidad de planificación estatal

En materia energética, el Estado debe participar de manera activa realizando estudios de prospectiva y coordinando a los diversos actores. Como objetivos específicos se plantea:

- a) Impulsar un observatorio permanente de la problemática energética que estudie el nivel de desarrollo y las dificultades de las ESCO's, el uso de la energía por fuente en todos los sectores, el nivel de acceso a la energía y las dificultades asociadas en los hogares más humildes, etc.
- b) Llevar adelante o promover estudios de prospectiva, tanto global como específica para cada fuente.
- c) Garantizar la adecuada planificación y coordinación de actores, tanto a nivel de la generación y la distribución como de los consumidores (grandes y pequeños) y las ESCO's.
- d) Impulsar las políticas energéticas previamente definidas.

Favorecer la resolución de los problemas tecnológicos de UTE y ANCAP

A pesar de su tamaño, las dos grandes empresas estatales energéticas no pueden contar con expertos en todas las áreas del conocimiento. Sin embargo, es posible favorecer una red de actores (sector académico, consultores independientes, ESCO's) que faciliten la resolución de los problemas específicos de cada empresa, así como la introducción de innovaciones.

Impulsar el sector creativo

El sector académico del área energética precisa crecer, atraer a los jóvenes, formar nuevos investigadores y contactarse fluidamente con otras áreas del conocimiento conexas. Como objetivos particulares se señalan:

a) La formación de recursos humanos altamente capacitados, tanto a nivel de grado, como de posgrado.

b) El impulso a los investigadores y a los grupos de investigación, dotándolos de las condiciones necesarias para que puedan contribuir a cumplir los objetivos energéticos del país.

Fomentar el surgimiento de emprendedores en temas energéticos

El país necesita emprendedores; pero más aún en el tema energético. Es posible visualizar 3 tipos de emprendedores, todos ellos fundamentales tanto para la introducción de nuevas tecnologías como para la mejora de la eficiencia energética.

i) Las ESCO's resultan "aliados estratégicos" esenciales para el desarrollo de políticas energéticas previamente definidas. Por lo tanto, es necesario apoyarlas (o incluso propiciar su creación en áreas aún vírgenes en el país), tanto en temas técnicos como para el acceso a financiación.

ii) Los empresarios que buscan las alternativas energéticas más favorables para su industria. También precisan apoyo y orientación técnica y acceso a financiación.

iii) Los ciudadanos en general, que buscan innovar energéticamente, ya sea en su medio residencial o laboral.

Algunos objetivos específicos que se buscan alcanzar son:

a) Impulsar un sector esencial para alcanzar todos los objetivos energéticos del país

b) Fomentar el espíritu innovador

c) Generar empleo calificado

d) Dinamizar la economía

Impulsar el vínculo demanda-emprendedor-academia

Existen algunos antecedentes recientes en los cuales Los diferentes actores, desde el gobierno hasta los académicos, pasando por empresarios de diversos sectores, han conseguido reunirse ocasionalmente en mesas sectoriales. Sin embargo, la sinergia tiene aún un gran camino por recorrer. Como objetivos particulares se plantea:

- a) poner en contacto a los demandantes de soluciones tecnológicas puntuales (las dos grandes empresas estatales, las impresas que intentan mejorar su eficiencia energética, etc) con académicos y/o emprendedores que puedan resolverlos.
- b) Poner en contacto a las ESCO's con el sector académico.
- c) acercar a los académicos a los problemas que el país necesita resolver.

Fomentar el uso eficiente de la energía

Como objetivos particulares se plantea:

- a) promover el ahorro energético.
- b) fomentar que cada consumidor (ya sea individual, residencial, o industrial) haga un uso integral de sus recursos, utilizando las fuentes energéticas más adaptadas a su necesidad.
- c) diseñar y promover políticas públicas para favorecer el uso eficiente de la energía en las diversas ramas de actividad (transporte, iluminación, lumínica, calefacción, construcción, etc).

Favorecer el acceso a la energía para todos los sectores sociales

Los objetivos particulares son:

- a) Contribuir a disminuir las desigualdades sociales en la sociedad uruguaya.
- b) Favorecer la integración social de los sectores más marginales.

8.2 Instrumentos específicos

Para alcanzar los objetivos planteados en el apartado anterior, se proponen 4 conjuntos de acciones. Las mismas son complementarias y, sólo con su conjunto, podría alcanzarse la lista completa de objetivos.

A) Acción sobre el sector académico (específicas para el sector energético)

Dentro de esta acción, se proponen 3 herramientas:

Herramienta 1.1: Financiación de posgrados en el área energética

Con esta finalidad es necesario financiar:

- a) becas para realizar posgrados en el exterior o en modalidad tipo “sandwich” (codirector local);
- b) la puesta en marcha de un posgrado local, financiando becas y la visita de profesores del exterior.

Los *objetivos específicos* son:

- i) el crecimiento de la pequeña comunidad local;
- ii) impulsar a que más jóvenes trabajen en esta área temática.

Herramienta 1.2: Financiación de proyectos concursables de temática abierta

Si bien este fondo debería ser de temática abierta, los temas propuestos deben estar incluidos dentro de los grandes objetos de estudio de la energía: prospectiva general y específicas, fuentes y mecanismos de generación y almacenamiento, gestión de las redes de distribución, minería asociada a los asuntos energéticos, eficiencia energética, vínculo con temas medioambientales, energía y equidad, etc.

En este sentido, deberían financiarse tanto proyectos de investigación fundamental, como tecnológica, económica y social.

Los *objetivos específicos* son:

- i) el fortalecimiento de la comunidad académica local;
- ii) promover que investigadores que trabajan en otras áreas se vuelquen a la temática energética;
- iii) mejorar la calidad del conocimiento general sobre la situación energética del país.

Herramienta 1.3: Financiación de un encuentro científico anual

El encuentro debería ser amplio, abarcando todas las temáticas asociadas con la energía. También debería preverse la invitación de algunos expertos extranjeros.

El *objetivo específico* es la cohesión de la pequeña comunidad académica.

B) Acción sobre y desde la política estatal

En esta acción se diferencian 2 herramientas distintas. La primera apunta al fortalecimiento de la capacidad del gobierno para la prospectiva y la planificación energética de medio y largo plazo. La segunda apunta al fortalecimiento de las dos grandes empresas estatales de energía.

Herramienta 2.1: Dotar a la DNETN de un fondo propio para estudios de prospectiva, planificación y coordinación

Este fondo debería permitir que el organismo del Estado encargado de la planificación energética cumpla su función. Esta herramienta presupone que la DNETN posee un pequeño equipo estable de profesionales altamente capacitados y que técnicos de las empresas estatales pueden trabajar en comisión, durante tiempos cortos, en la DNETN.

Este fondo debería utilizarse específicamente para:

i) financiar convenios con grupos académicos locales o, si fuera necesario, extranjeros, para analizar escenarios específicos, con un enfoque interdisciplinario, que tome en cuenta el comportamiento de todos los actores involucrados en el sector energía y que considere todas las variables de decisión;

ii) impulsar un observatorio energético;

iii) impulsar mesas sectoriales en temáticas específicas, incluyendo a todos los actores nacionales en dicha temática (academia, sector privado, empresas energéticas públicas y privadas, eventualmente asociación de consumidores, u otros organismos no gubernamentales, etc);

iv) informar adecuadamente a los consumidores (grandes y pequeños) para la toma de decisiones de tipo energético.

Los *objetivos específicos* son:

i) dotar a este organismo del Estado de las herramientas necesarias para la prospectiva y la coordinación;

ii) vincular a los actores del sector energético.

Herramienta 2.2: Dotar a las empresas energéticas estatales de un fondo para resolver problemas tecnológicos específicos

Este fondo debería incluir aportes de UTE y ANCAP (co-financiado eventualmente con un pequeño porcentaje de los ingresos de estas dos empresas) y, en menor medida, la ANII. Estaría co-administrado por estos tres organismos y la DNETN, además de dos o tres actores del sector energético (académico, empresario innovador). El fondo se utilizaría exclusivamente mediante el mecanismo del llamado a concurso; en cada llamado

una empresa presentaría un problema específico y los proponentes de los proyectos presentarían una solución. Este fondo también podría utilizarse para realizar llamados a concurso con la finalidad de solucionar cuellos de botella del sector energético nacional.

Debería valorarse particularmente aquellos proyectos que integren académicos con industriales o profesionales innovadores.

Los *objetivos específicos* son:

- i) dotar a las empresas energéticas públicas de capacidades de investigación y desarrollo en relación a sus problemas;
- ii) dotar al Estado de una herramienta específica para resolver las dificultades observadas en la planificación energética;
- iii) el encuentro de los empresarios innovadores y los académicos, por un lado, con la demanda concreta, por el otro.

C) Acción sobre los emprendedores

Es posible imaginar dos herramientas distintas dentro de esta acción. La primera apunta a apoyar a aquellos empresarios que desean mejorar la eficiencia en el uso de la energía. El segundo pretende apoyar el desarrollo de ESCO's.

Herramienta 3.1: Fondos para industrias que pretendan mejorar el aprovechamiento energético de sus recursos

Deberían preverse dos modalidades: una primera para el asesoramiento técnico y una segunda para apoyar estrategias tales como el uso de los residuos para producir energía o la instalación de nuevas fuentes energéticas.

La financiación podría generarse mediante deducciones impositivas o créditos blandos. Asimismo, en algunos casos concretos en los que la componente innovativa resulte particularmente importante, podrían preverse llamados a concurso con financiación compartida entre el Estado y la empresa.

Los *objetivos específicos* son:

- i) la mejora de la eficiencia energética global;
- ii) la mejora del aprovechamiento de los recursos de la industria;
- iii) el encuentro entre industriales emprendedores y el sector académico.

Herramienta 3.2: Fondos para el impulso de empresas innovadoras

Este fondo podría funcionar mediante capitales semilla o fondos de riesgo y debería financiar temáticas específicas. Por ejemplo, el fondo serviría para desarrollar capacidades locales para la construcción de calderas, de captadores solares, de partes de aerogeneradores, para producir agrocombustibles, etc.

Este instrumento puede realizarse en conjunto con el programa Emprender, aunque debería estar dotado de montos individuales superiores a los previstos en aquella iniciativa.

Los *objetivos específicos* son:

- i) fomentar el espíritu emprendedor;
- ii) impulsar a aquellos empresarios que contribuyen a la introducción de ciertas tecnologías en el país;
- iii) generar puestos de trabajo calificados;
- iv) fomentar el vínculo emprendedor-academia.

En ambas herramientas correspondientes a esta acción, se debería valorar muy particularmente los proyectos que busquen la integración con el sector académico, en especial mediante pasantías de docentes jóvenes en la empresa, o con posgrados co-tutelados.

D) Acción para la eficiencia energética

Herramienta 4.1: Ley de eficiencia energética

Es necesario contar con una ley de eficiencia energética que provea al Estado de herramientas para impulsar políticas con este objetivo. Esta ley debería incluir elementos de regulación y de auditorías energéticas, así como mecanismos económicos para promover la eficiencia.

Para su puesta en marcha, esta ley exigiría un par de herramientas. En relación al apoyo específico para la industria, ya se propuso la herramienta 3.1. Pero también será necesario introducir una nueva herramienta para los consumidores menores:

Herramienta 4.2: Fondo para impulsar políticas de eficiencia energética en residencias y empresas

Los fondos necesarios podrían generarse mediante mecanismos impositivos, créditos blandos o, en algunos casos precisos, subvenciones estatales. Debería impulsarse políticas de eficiencia en la iluminación, el aislamiento térmico, el transporte, la introducción de paneles solares, etc.

El *objetivo específico* de esta acción es dotar al Estado de instrumentos que hagan posible la eficiencia energética.

Antes de culminar este apartado, resulta conveniente señalar que estas herramientas deberían visualizarse como un *conjunto complementario* y nunca desconectadas entre sí. Por ejemplo, para impulsar aliados estratégicos en el sector privado para la introducción de nuevas tecnologías, se comenzaría considerando la información disponible en el “observatorio energético” (H.2.1), se crearía entonces una mesa del sector específico para identificar a los actores y sus dificultades (H.2.1), se promovería luego el uso de capitales semilla para resolver dichas dificultades (H.3.2); finalmente, la introducción de los productos generados por estas ESCO’s se facilitaría en el sector residencial (mediante H.4.2), en las empresas (H.3.1) o incluso en UTE y ANCAP (H.2.2).

Asimismo, es importante resaltar que existe otra herramienta que puede resultar decisiva para el desarrollo del sector energético local: *las compras del Estado*. Con una política de compras clara y mantenida durante plazos razonables, es posible contribuir de manera decisiva al desarrollo de capacidades locales.

Por último, este conjunto de herramientas se vería fuertemente potenciado en caso de que se consiguieran introducir algunas modificaciones en la *capacitación* de los ciudadanos. Por citar sólo algunos ejemplos, sería necesario impulsar la capacitación técnica en la UTU en temas ligados a la energía, mejorar la capacitación de los arquitectos en temas de aislamiento térmico o en el uso de paneles solares térmicos, introducir temas de eficiencia energética y cuidado de la energía en la formación de los escolares, etc.

8.3 Oportunidades

Este no es un documento de políticas de energía sino de políticas de ciencia, tecnología e innovación al servicio de un proyecto nacional en materia de energía. Sin embargo, considero conveniente culminar este análisis con una lista de posibles oportunidades que se ofrecen al país en materia energética y que el PENCTII podría contribuir a generar.

Oportunidad 1: Contribuir a la inversión extranjera en el país en temas energéticos

Debemos recordar que la inversión mundial en energías renovables supera los cien mil millones de dólares anuales.

Parece entonces posible propiciar la inversión extranjera en nuestro país para construir insumos energéticos. Por ejemplo, podrían fabricarse localmente gene-

radores de energía renovable (aerogeneradores, paneles solares, plantas para producir biocombustibles o para generar energía partir de desechos, etc) apuntando a la exportación hacia la región.

Asimismo, sería interesante buscar la posibilidad de que una empresa de automotores instale una fábrica de automóviles híbridos (combustión-eléctrico) o simplemente eléctricos, dentro de un nicho específico (por ejemplo, vehículos para vigilancia, limpieza urbana, transporte colectivo, etc); nuevamente, el mercado regional podría ser el objetivo de este emprendimiento.

Naturalmente, esta iniciativa sólo parece interesante si las empresas que se instalen contribuyen al desarrollo de capacidades locales y de mano de obra calificada.

Oportunidad 2: Uruguay país (energéticamente) natural

La utilización de los residuos (efluentes líquidos o sólidos), tanto industriales como domésticos, para producir energía se encuentra claramente desaprovechada. Nuestro país podría emprender una campaña interna para que una buena parte de los residuos urbanos, industriales y agrícolas contribuyan a generar diversas formas de energía. Por citar un solo ejemplo, la quema de los residuos de la industria forestal, que podrían generar hasta 2 TWh de energía eléctrica al año, traería un ahorro en petróleo cercano a los 200 millones de dólares anuales y una disminución de los costos de producción cercano a los 100 millones. Al mismo tiempo, permitiría cerrar de manera natural el ciclo productivo de las pasteras de celulosa.

Oportunidad 3: Uruguay país (energéticamente) natural (segunda parte)

Podría fomentarse fuertemente, ya sea mediante subsidios o con condiciones fiscales favorables, la instalación masiva de aerogeneradores en el campo y de paneles solares térmicos para el agua caliente sanitaria en las ciudades. Al igual que con la oportunidad anterior, esta no sólo le permitiría al país impulsar trabajo nacional, sino que impactaría sobre la imagen turística de Uruguay.

Oportunidad 4: La economía del gas natural

La posible instalación de una planta de regasificación conjunta con Argentina se basa en que nuestro país le vendería a su vecino todos los excedentes.

Sin embargo, esta iniciativa abre una gran oportunidad: un vuelco de la matriz energética nacional hacia el gas natural (la totalidad de gas disponible para Uruguay equivaldría al 70% de las necesidades de energía primaria actuales). Esto abre interesantes perspectivas. Entre otras, la posibilidad de usar gas natural como reemplazo de las naftas en los automóviles.

