

**ALUMBRANDO EL CAMINO:
HACIA UN FUTURO ENERGÉTICO SUSTENTABLE**
INTERACADEMY COUNCIL

<http://www.interacademycouncil.net>

Traducción: Academia Nacional de Ingeniería, abril 2008

RESUMEN EJECUTIVO

Uno de los mayores desafíos que enfrenta la humanidad en este siglo es realizar la transición a un futuro energético sustentable. El concepto de sustentabilidad energética acompaña no solamente el imperativo de asegurar energía adecuada para atender las necesidades futuras, sino hacerlo de tal forma que a) sea compatible con la preservación de los sistemas naturales esenciales, incluyendo los efectos del cambio climático; b) extienda los servicios básicos de energía a los más de mil millones de habitantes de todo el planeta que no tienen acceso a las formas modernas de la energía, y c) reduzca los riesgos y los conflictos geopolíticos que podrían, de otra forma, surgir de una escalada de competencia por los recursos energéticos distribuidos en las distintas geografías políticas.

El desafío de la energía sustentable

La tarea es tan difícil como compleja. Sus dimensiones son simultáneamente sociales, tecnológicas, económicas y políticas. También son globales. Las personas en todo el planeta desempeñan un rol para dar forma al futuro energético a través de su comportamiento, su elección del estilo de vida y sus preferencias. Y todos comparten un interés significativo para lograr resultados sustentables.

El impulso detrás de las tendencias energéticas actuales es enorme y será difícil de controlar en el contexto de los altos niveles de consumo existentes en muchos países industrializados; crecimiento continuo de la población; rápida industrialización de países en desarrollo; una arraigada infraestructura energética, intensiva en capital y de larga vida; y una demanda creciente de servicios que implican energía en todo el mundo. A pesar que existen amplias disparidades en el consumo de energía per cápita a nivel de países, los hogares relativamente pudientes en todo el mundo tienden a adquirir similares equipamientos consumidores de energía. Por tanto, el desafío y la oportunidad existe -en países industrializados y en desarrollo- para encarar las necesidades energéticas resultantes de forma sustentable a través de soluciones efectivas del lado de la demanda y de la oferta.

Las chances de éxito dependen en grado considerable de que las naciones puedan trabajar conjuntamente para asegurar que los necesarios recursos financieros, conocimientos técnicos, y la voluntad política se orienten a acelerar el despliegue de tecnologías más eficientes y limpias en las economías en industrialización rápida. Al mismo tiempo, se debe encarar las desigualdades que dejan a gran parte de la población mundial sin acceso a las formas modernas de energía y que por tanto la privan de oportunidades básicas para el desarrollo humano y económico.

Esto puede lograrse sin comprometer otros objetivos de la sustentabilidad, particularmente si se logran progresos simultáneos en la introducción de nuevas tecnologías y la reducción de la intensidad de energía necesaria en todas partes de la economía mundial. El proceso de cambio desde la trayectoria de la situación tradicional será necesariamente gradual e iterativo: dado que los elementos esenciales de la infraestructura energética tienen una esperanza de vida de una a varias décadas, los cambios dramáticos

del paisaje energético llevarán tiempo. La inevitable inercia del sistema, sin embargo, también crea motivos de gran urgencia. A la luz del creciente riesgo ambiental y de seguridad energética, en los próximos diez años deben comenzar los esfuerzos globales significativos para transitar a un paisaje diferente. La demora solamente aumenta la dificultad de administrar los problemas creados por los actuales sistemas de energía, así como la probabilidad de que se necesite hacer más adelante ajustes más disruptivos y costosos.

El caso para la acción urgente se subraya cuando se tienen en cuenta las realidades ecológicas, los imperativos económicos y las limitaciones de recursos que deben ser administrados en el siglo venidero en el contexto de las tendencias mundiales actuales de la energía. Para tomar solamente dos dimensiones de este desafío -seguridad del petróleo y cambio climático- las previsiones actuales de la Agencia Internacional de Energía en su Visión de la Energía Mundial, 2006, sugieren que la continuación de las tendencias actuales llevará a aumentar un 40% el consumo de petróleo (en relación a los niveles de 2005) y un 55% las emisiones de anhídrido carbónico (comparado con los niveles de 2004) a lo largo del próximo cuarto de siglo (o sea para el 2030). A la luz de la ampliamente sostenida expectativa de que las reservas de petróleo barato y accesible alcanzarán un pico en las próximas décadas y la evidencia creciente de que mitigar responsablemente los riesgos del cambio climático requerirá, al mismo tiempo, reducciones significativas de las emisiones de gases de invernadero, la brecha entre la tendencia actual de la energía y los requerimientos de sustentabilidad a futuro habla por sí sola.

Para este informe, el Panel de Estudio examinó las diferentes tecnologías y opciones de recursos que probablemente desempeñen un rol en la transición a un sistema de energía sustentable a futuro, junto con algunas de las opciones de políticas y de las prioridades en investigación y desarrollo que son adecuadas para los desafíos previsibles. Sus principales hallazgos en cada una de estas áreas se resumen a continuación seguidas de nueve conclusiones principales con recomendaciones para la acción a las que llegó el Panel de Estudio.

Demanda de energía y eficiencia

El logro de objetivos de sustentabilidad requerirá no solamente cambios en la forma que la energía se suministra, sino en la forma en que se usa. Reducir la cantidad de energía necesaria para proveer bienes, servicios o comodidades es una forma de encarar las externalidades negativas asociadas con los sistemas de energía actuales y ofrece un complemento esencial a los esfuerzos orientados a cambiar la mezcla de la oferta de tecnologías y recursos energéticos. Las oportunidades de mejora del lado de la demanda de la ecuación energética son tan ricas y diversas como las del lado de la oferta y frecuentemente ofrecen beneficios económicos significativos de corto y largo plazo. Los niveles ampliamente variables de consumo de energía, en relación a los ingresos per cápita o producto bruto (PBI), de países que tienen estándares de vida comparables -aunque parcialmente atribuibles, por cierto, a factores geográficos y estructurales- sugieren que el potencial para reducir el consumo de energía en muchos países es sustancial y se puede alcanzar mientras que simultáneamente se logran mejoras significativas en la calidad de vida para los ciudadanos más pobres del mundo.

Por ejemplo, si se grafican las mediciones de bienestar social, tales como el Índice de Desarrollo Humano (IDH), contra el consumo per cápita de formas modernas de energía, como la electricidad, se encuentra que algunas naciones han alcanzado niveles relativamente altos de bienestar con niveles más bajos de consumo energético que otros países con similar IDH, que está compuesto por indicadores de salud, educación e ingreso. Desde una perspectiva de la sustentabilidad, entonces, es posible y deseable tanto maximizar el progreso hacia un mayor bienestar social como minimizar el crecimiento del consumo energético.

En muchos países, la intensidad energética -es decir, el cociente entre energía consumida y los bienes y servicios producidos- ha ido declinando, pero no a un ritmo suficiente como para compensar el crecimiento económico global y reducir el consumo energético en términos absolutos. Acelerar la declinación de este cociente de intensidad debería ser una prioridad general de las políticas públicas. Desde un punto de vista puramente tecnológico, el potencial para mejorar es claramente enorme: los avances en la ingeniería, materiales y diseño de sistemas han posibilitado construir edificios que demuestran un consumo neto nulo de energía, y vehículos que logran consumos radicalmente menores de gasolina por unidad de distancia recorrida. El desafío, por supuesto, es reducir el costo de estas nuevas tecnologías mientras se superan otros obstáculos del mundo real -desde la falta de información e incentivos divididos hasta la preferencia de los consumidores por atributos de los productos que van en contra de la maximización de la eficiencia energética- que a menudo inhiben la adopción generalizada de estas tecnologías por parte del mercado.

La experiencia señala la disponibilidad de instrumentos de política para superar las barreras a la inversión para mejorar la eficiencia, inclusive cuando tales inversiones, basándose exclusivamente en consideraciones de energía y costo, son altamente costo-eficientes. Las mejoras en la tecnología de la refrigeración que tuvieron lugar como resultado de la aplicación de estándares de eficiencia para aparatos domésticos en los Estados Unidos dan un ejemplo patente de cómo la intervención de políticas públicas pueden incentivar la innovación, haciendo posible lograr ganancias sustanciales de eficiencia mientras se mantiene o mejora la calidad de los productos o servicios provistos. Otros ejemplos se pueden encontrar en estándares de eficiencia para edificios, vehículos y equipamiento, además de los programas técnicos y de información y de los mecanismos de incentivos financieros.

Oferta de energía

La oferta mundial de energía está dominada actualmente por los combustibles fósiles. Actualmente, el carbón, el petróleo y el gas natural conjuntamente suministran aproximadamente el 80% de la demanda global de energía primaria. La biomasa tradicional, la energía nuclear y la energía hidráulica de gran escala dan cuenta de la mayor parte del resto. Las formas modernas de energía renovable tienen un rol relativamente pequeño en la actualidad (del orden de unos pocos puntos porcentuales del suministro energético mundial). Las preocupaciones sobre la seguridad energética — especialmente relacionadas a la disponibilidad fuentes relativamente baratas, convencionales, de petróleo y en menor grado de gas natural -continúan siendo importantes factores de la política energética nacional en varios países y una fuente potente de tensiones geopolíticas y vulnerabilidad económica. Sin embargo, parece más probable que los límites ambientales, más que las restricciones de oferta, emerjan como el desafío más fundamental a la continuación de la dependencia de los combustibles fósiles. Las reservas mundiales de carbón son suficientes, por sí solas, para alimentar varios siglos de consumo continuo a los niveles actuales y podrían ofrecer una fuente de alternativas al petróleo en el futuro. Sin embargo, sin alguna forma de enfrentar las emisiones de carbono, el descansar sobre el carbón para una parte importante de la matriz energética futura mundial generaría riesgos inaceptables de cambio climático.

Alcanzar los objetivos de sustentabilidad requerirá cambios significativos en la actual composición de los recursos de oferta, hacia fuentes de tecnologías de baja emisión de carbono y fuentes de energía renovable, incluyendo los biocombustibles. En particular, el potencial planetario de energía renovable no utilizada es enorme y ampliamente distribuido por igual entre los países industrializados y en desarrollo. En muchos escenarios, la explotación de este potencial ofrece oportunidades únicas para avanzar en el logro de objetivos ambientales y económicos.

Los desarrollos recientes, incluyendo sustanciales compromisos de políticas públicas, la declinación dramática de costos, y el fuerte crecimiento en varias industrias de energía renovable son promisorios.

Sin embargo, permanecen vallas tecnológicas y de mercado significativas, y deben ser superadas para que la energía renovable desempeñe un papel significativamente mayor en la matriz energética mundial. Los avances en las tecnologías de almacenamiento y conversión de la energía, y el aumento de la capacidad de transmisión eléctrica a larga distancia podrían hacer mucho para expandir la base de recursos y reducir los costos asociados con el desarrollo de energías renovables.

Mientras tanto, es importante notar que el reciente crecimiento sustancial en la capacidad instalada mundial renovable ha sido guiado en gran medida por la introducción de políticas agresivas e incentivos en un puñado de países. La expansión a otros países de compromisos similares aceleraría todavía más las actuales tasas de despliegue y motivarían inversiones adicionales para la mejora continua de las tecnologías.

Además de los medios renovables de generar electricidad, tales como el viento, el sol y la energía hidráulica, los combustibles basados en la biomasa representan un importante área de oportunidades para desplazar los combustibles del transporte basados en el petróleo convencional. El etanol de caña de azúcar ya es una opción atractiva, siempre que se tomen las salvaguardias ambientales razonables. Para seguir desarrollando el potencial mundial de biocombustibles, se necesitan intensos esfuerzos de investigación y desarrollo para avanzar a una nueva generación de combustibles basados en la eficiente conversión de los materiales lignocelulósicos de las plantas. Al mismo tiempo, los avances en la biología celular y de sistemas muestran grandes promesas para generar mejores materias primas de biomasa y métodos mucho menos intensivos en energía para convertir material de plantas en combustibles líquidos, tales como la producción microbiológica de combustibles como el butanol.

Las biorefinerías integradas podrían en el futuro, permitir la co-producción eficiente de energía eléctrica, combustibles líquidos y otros co-productos valiosos a partir de recursos de biomasa sustentablemente administrados. Sin embargo, una dependencia mucho mayor de los biocombustibles requerirá mayores avances para la reducción de costos de producción, minimizar el uso de tierra, agua y fertilizantes y encarar los impactos potenciales sobre la biodiversidad. Las opciones de biocombustibles basados en la conversión de lignocelulosa en vez de almidón parecen más prometedoras en términos de minimizar la competencia entre cultivar alimentos y producir energía, y en términos de maximizar los beneficios ambientales asociados con los combustibles para el transporte basados en biomasa.

Será también igualmente importante acelerar el desarrollo y aplicación de una mezcla de tecnologías de combustibles fósiles menos carbono-intensivas. El gas natural, en particular, tiene un rol crítico para desempeñar como un combustible puente en la transición a un sistema energético más sustentable. Garantizar el acceso al suministro adecuado de este recurso relativamente limpio y promover la difusión de tecnologías eficientes de gas en una variedad de aplicaciones es, por tanto, una prioridad de política pública para el corto o mediano plazo.

Simultáneamente, se debe dar gran urgencia a desarrollar y comercializar tecnologías que permitirían continuar el uso del carbón -el recurso fósil más abundante del mundo- de forma tal que no plantee riesgos ambientales intolerables. A pesar del aumento de la certeza científica y creciente preocupación sobre el cambio climático, la construcción de plantas de larga vida, convencionales, potenciadas con carbón han continuado e inclusive se han acelerado en los últimos años. La sustancial expansión actual de la capacidad de carbón que está ahora en marcha en todo el mundo podría representar el mayor desafío individual para los futuros esfuerzos de estabilizar los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera. Administrar las “huellas” de los gases de invernadero de este stock de capital es fundamental, mientras se hace la transición a tecnologías de conversión que incorporen el secuestro y almacenamiento del carbono, representa por lo tanto un desafío crítico tecnológico y económico.

La tecnología nuclear puede continuar a contribuir a la futura oferta de energía de bajo carbono, siempre que se puedan enfrentar –y efectivamente se enfrenten- las significativas preocupaciones en términos de proliferación de armas, disposición de residuos, costo y seguridad pública (incluyendo la vulnerabilidad a actos de terrorismo).

El papel de los Gobiernos y la contribución de la ciencia y la tecnología

Dado que los mercados no producirán los resultados deseados a menos que estén en su lugar los incentivos y señales de precio y correctos, los Gobiernos juegan un rol vital en crear las condiciones necesarias para promover resultados óptimos y sostener inversiones de largo plazo en nueva infraestructura de energía, investigación y desarrollo energético y tecnologías de alto riesgo/alto retorno. Donde existe la voluntad política para crear una transición energética sustentable, se dispone de una amplia variedad de instrumentos, desde incentivos de mercado tales como precios o topes de emisión de carbono (que pueden ser especialmente efectivas para influir sobre las decisiones de inversión a largo plazo), hasta estándares de eficiencia y códigos de edificación, que pueden ser más efectivos que las señales de precios para conseguir un cambio en el lado de la ecuación del consumidor final. En el más largo plazo, existen importantes oportunidades al nivel de ciudades y del planeamiento territorial, incluyendo sistemas mejorados de provisión de energía, agua y otros servicios, así como sistemas avanzados de movilidad.

La ciencia y la tecnología (C&T) claramente juegan un rol mayor para maximizar el potencial y reducir el costo de las opciones existentes, mientras que además se desarrollan nuevas tecnologías que expandirán el menú de opciones futuras. Para llevar a la realidad esta promesa, la comunidad de C&T tiene que tener acceso a los recursos necesarios para proseguir la investigación en áreas ya prometedoras y explorar posibilidades más lejanas. La inversión en investigación y desarrollo actuales en el mundo se considera generalizadamente como inadecuada para los desafíos planteados.

Por lo tanto, es necesario un incremento sustancial -del orden de al menos el doble de los gastos actuales- en los recursos de los sectores público y privado orientados a adelantar las prioridades de tecnologías energéticas críticas. El recorte de subsidios a las industrias de energía establecidas puede suministrar parte de los recursos necesarios, mientras que reduce simultáneamente los incentivos para el consumo excesivo y otras distorsiones que siguen siendo comunes en los mercados energéticos en muchas partes del mundo. Será necesario asegurar que los gastos públicos en el futuro sean dirigidos y aplicados más efectivamente, tanto para encarar prioridades bien definidas y objetivos para la investigación y desarrollo en tecnologías críticas como para continuar el avance en las ciencias básicas. Al mismo tiempo, será importante promover la colaboración, cooperación y coordinación a través de las instituciones y de las fronteras nacionales en el esfuerzo de desplegar tecnologías mejoradas.

El caso para la acción inmediata

La abrumadora evidencia científica muestra que las tendencias actuales de energía no son sustentables. Necesidades significativas ecológicas, sanitarias y de desarrollo, y requerimientos de seguridad energética requieren acciones inmediatas para lograr cambios. Se necesitan cambios agresivos en las políticas para acelerar el despliegue de tecnologías superiores. Con una combinación de estas políticas al nivel local, nacional e internacional, debería ser posible -tanto técnica como económicamente- elevar las condiciones de vida de la mayoría de la humanidad mientras que simultáneamente *se encaran los riesgos* del cambio climático y otras formas de degradación ambiental relacionadas con la energía y *se reducen las tensiones geopolíticas y las vulnerabilidades económicas*, generadas por los patrones de dependencia de recursos predominantemente de combustibles fósiles.

El Panel de Estudio arribó a nueve conclusiones principales, junto con recomendaciones de acción. Estas conclusiones y recomendaciones han sido formuladas dentro de una aproximación holística a la transición hacia un futuro energético sustentable. Esto implica que ninguna puede ser lograda satisfactoriamente sin prestar la debida atención a las demás. La priorización de las recomendaciones es por tanto intrínsecamente difícil. Sin embargo, el Panel de Estudio cree que, dado la grave prospectiva del cambio climático, las siguientes tres recomendaciones deben ser implementadas **sin demora y en simultánea**:

- Se deberían organizar esfuerzos conjuntos para mejorar la eficiencia energética y reducir la intensidad de carbono en la economía mundial, incluyendo la introducción mundial de señales de precio para las emisiones de carbono, considerando los diferentes sistemas económicos y de energía en los países individuales.
- Se deberían desarrollar y desplegar tecnologías para capturar y secuestrar el carbono de los combustibles fósiles, particularmente del carbón.
- Se debería acelerar el desarrollo y despliegue de tecnologías de energía renovable, de una forma responsable para con el ambiente.

Considerando las tres recomendaciones señaladas previamente como urgentes, se destaca otra recomendación que es imperativa desde el punto de vista moral y social :

- Debe hacerse llegar servicios de energía básicos y modernos a la gente más pobre del planeta

Llegar a un futuro sustentable en el campo energético implica la participación de todos. Sin embargo hay una división del trabajo para implementar las recomendaciones de este informe. El Panel de Estudio ha identificado los siguientes actores principales que deben asumir la responsabilidad de lograr resultados:

- Organizaciones multinacionales (ej. Naciones Unidas, Banco Mundial, Bancos de Desarrollo regionales)
- Gobiernos (nacional, regional y local)
- Comunidad científica y tecnológica (y la academia)
- Sector privado (empresas, industria, fundaciones)
- Organizaciones no gubernamentales (ONG)
- Medios de comunicación
- Público en general

Conclusiones, recomendaciones, acciones

Tomando como base los puntos clave desarrollados, el Panel de Estudio ofrece las siguientes conclusiones junto con las recomendaciones y acciones respectivas por parte de los actores principales.

CONCLUSIÓN 1. Satisfacer las necesidades básicas de energía de la población más pobre de este planeta es un imperativo moral y social que puede y debe ser alcanzado en consonancia con objetivos de sustentabilidad.

Se estima que actualmente hay 2,4 billones de personas que usan carbón de leña, de hulla, residuos de la agricultura o estiércol, como combustible primario para cocinar. Aproximadamente 1,6 billones de personas viven sin electricidad. Gran cantidad de personas, especialmente mujeres y niñas, están privadas de oportunidades económicas y de educación por no tener acceso a iluminación artificial, ni a equipos que ahorran tiempo en tareas domésticas y porque dedican parte del día a recolectar el combustible y el agua necesarios para su familia. La contaminación del aire interior causada por los combustibles tradicionales para cocinar expone a millones de familias a considerables riesgos de salud.. El abastecimiento de formas de energía moderna para los pobres del mundo podría generar múltiples beneficios, facilitando su lucha diaria por los medios básicos de supervivencia, reduciendo los riesgos considerables de salud relacionados con la polución, liberando recursos humanos y de capital que son escasos; facilitando la entrega de otros servicios esenciales, incluyendo servicios médicos, y mitigando la degradación ambiental localizada. Estas interrelaciones, que están recibiendo cada vez más atención internacional, fueron un aspecto principal de la Cumbre Mundial para el Desarrollo Sustentable, realizada en Johannesburgo en el año 2002, la cual reconoció la importancia de expandir el acceso a servicios de energía confiables y asequibles como un prerrequisito para alcanzar las Metas de Desarrollo para el Milenio establecidas por las Naciones Unidas.

RECOMENDACIONES

- Establecer como prioridad el logro de un acceso mucho mayor de los pobres del mundo a combustibles económicos y de alta calidad y a la electricidad. El desafío de expandir el acceso a formas de energía modernas gira principalmente alrededor de temas de distribución y equidad social - el problema principal no es de escasez global de recursos, daños al ambiente inaceptables, o falta de disponibilidad de tecnologías. Enfrentar las necesidades básicas de energía de la población pobre del mundo es claramente central para el objetivo más amplio del desarrollo sustentable y debe ser una prioridad tope para la comunidad internacional, si se va a lograr algún progreso para reducir las actuales inequidades.
- Formular políticas a todo nivel, desde la escala planetaria a la escala de un pequeño poblado, con una mayor conciencia de las considerables inequidades que hoy existen para el acceso a los servicios energéticos, no solo entre países sino también entre poblaciones del mismo país y aún entre hogares dentro de la misma ciudad o pueblo. En muchos países en desarrollo, una pequeña elite usa la energía en forma muy similar a la del mundo industrializado, mientras el resto de la población se basa en formas tradicionales de energía, de baja calidad y muy contaminantes. En otros países en desarrollo, el consumo de energía de la creciente clase media contribuye en forma significativa al crecimiento de la demanda de energía y está aumentando considerablemente el crecimiento per cápita del consumo nacional, a pesar de que hay poco cambio en el perfil de consumo de los más pobres. La realidad de que miles de millones de personas sufren de un acceso limitado a la electricidad y a combustibles limpios para cocinar no debe quedar enmascarada en las estadísticas per cápita.

ACCIONES NECESARIAS

- En la medida que la dimensión del problema es internacional, las organizaciones internacionales como las Naciones Unidas y el Banco Mundial deberían tomar la iniciativa de establecer un plan para eliminar la pobreza energética para los pobres del mundo. En una primera etapa, los gobiernos nacionales y las ONG pueden ayudar suministrando información sobre el alcance del problema en los respectivos países.
- El sector privado y la comunidad de Ciencia y Tecnología (C&T) pueden ayudar a promover la transferencia de tecnologías adecuadas. El sector privado puede, además, ayudar haciendo las inversiones adecuadas.
- Los medios de comunicación deberían hacer consciente al público de la enormidad del problema.

CONCLUSIÓN 2. Se deben hacer esfuerzos conjuntos para mejorar la eficiencia de la energía y reducir la intensidad de carbono de la economía mundial.

La competitividad económica, la seguridad energética y las consideraciones ambientales son argumentos concurrentes para perseguir las oportunidades costo-efectivas de eficiencia en usos finales. Esas oportunidades se pueden identificar en la industria, el transporte, y la construcción. Para maximizar las ganancias de eficiencia y minimizar los costos, las mejoras se deben incorporar de manera holística y desde la base hacia arriba siempre que sea posible, especialmente cuando se trata de infraestructura de larga vida. Al mismo tiempo será importante evitar subestimar la dificultad de alcanzar mejoras nominales en eficiencia de energía, como ocurre con frecuencia cuando los análisis presuponen que la reducción de uso de energía es un fin en sí mismo, en vez de un objetivo habitualmente transado contra otros atributos deseados.

RECOMENDACIONES

- Promover la divulgación ampliada de innovaciones y mejoras tecnológicas entre países industrializados y en desarrollo. Será especialmente importante para todos los países trabajar juntos para asegurar que los países en desarrollo adopten tecnologías más eficientes y limpias, a medida que se industrializan.
- Alinear los incentivos económicos -especialmente para inversiones duraderas-con objetivos de sustentabilidad en el largo plazo y consideraciones de costos. Los incentivos para los proveedores regulados de servicios de energía se deben calcular de manera de promover la coinversión en mejoras de eficiencia que sean costo-efectivas, y las ganancias deberían desvincularse de las ventas de energía.
- Adoptar políticas orientadas a acelerar la tasa mundial de disminución de la intensidad de carbono de la economía global, en donde la intensidad de carbono se mide como las emisiones de dióxido de carbono equivalente dividido por el producto bruto mundial, una medida cruda del bienestar global. El Panel de Estudio recomienda una acción inmediata específica de políticas públicas para introducir señales de precio significativas para las emisiones que se eviten de gases de efecto invernadero. Los precios iniciales tienen menos importancia que establecer expectativas claras sobre el aumento predecible de dichos precios en el tiempo. Simplemente mantener constantes las emisiones de dióxido de carbono durante las próximas décadas implica que la intensidad de carbón de la economía mundial necesita reducirse a

aproximadamente la misma tasa en que crece el producto bruto mundial - lograr las *reducciones* absolutas de las emisiones globales que se necesitan para estabilizar las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero requiere que la tasa global de declinación de la intensidad de carbono comience a superar al crecimiento económico mundial.

- Reclutar a las ciudades como una fuerza impulsora principal para la implementación rápida de acciones prácticas para mejorar la eficiencia energética.
- Informar a los consumidores sobre las características de consumo de energía de los productos, usando etiquetas e implementando estándares obligatorios de eficiencia mínima para electrodomésticos y equipos.. Los estándares deben ser actualizados periódicamente y deben hacerse cumplir efectivamente.

ACCIONES NECESARIAS

- Los gobiernos, dialogando con el sector privado y la comunidad de C&T, deberían desarrollar e implementar (aún más) políticas y normas que conduzcan a aumentar la eficiencia energética y disminuir la intensidad energética para una gran variedad de procesos, servicios y productos.
- El público en general debe ser alertado, por los gobiernos, los medios de comunicación y las ONG sobre el significado y la necesidad de tales políticas y regulaciones.
- La comunidad de C&T debería aumentar sus esfuerzos para investigar y desarrollar nuevas tecnologías de bajo consumo energético.
- Los gobiernos, unidos en organizaciones intergubernamentales, deben acordar señales de precio realistas para las emisiones de carbono – teniendo en cuenta que las economías y los sistemas energéticos de los diferentes países resultarán en diferentes estrategias y trayectorias individuales- y hacer que estas señales de precio sean componentes clave de acciones posteriores para reducir las emisiones de carbono
- El sector privado y el público en general deben insistir para que sus gobiernos emitan claras señales de precio para el carbono.

CONCLUSION 3. Las tecnologías para capturar y secuestrar el carbono de los combustibles fósiles, en particular del carbón, pueden desempeñar un rol importante en la administración costo-efectiva de las emisiones globales de dióxido de carbono.

Por ser el combustible fósil más abundante del mundo, el carbón continuará desempeñando un papel importante en la mezcla energética mundial. También es el combustible convencional más intensivo en carbono de los que se usan, generando casi el doble de dióxido de carbono que el gas natural por unidad de energía suministrada. Hoy en día, se continúan instalando plantas generadoras de energía a base de carbón –la mayoría de las cuales se puede esperar que duren más de medio siglo- a una velocidad sin precedentes. Además, la contribución del carbón se podría expandir aún más si las naciones con grandes reservas de carbón como Estados Unidos, China e India se vuelcan hacia el carbón, para atender preocupaciones de seguridad energética y para desarrollar alternativas al petróleo.

RECOMENDACIONES

- Acelerar el desarrollo y puesta en práctica de tecnologías avanzadas basadas en el carbón. Sin políticas de intervención, la vasta mayoría de las plantas generadoras construidas en las próximas dos décadas serán convencionales, en base a carbón pulverizado. Las tecnologías actuales para capturar las emisiones de dióxido de carbono de las plantas de carbón pulverizado basadas en instalaciones post-construcción (“*retrofit*”) son caras e intensivas en energía. Donde se deban construir nuevas plantas sin captura, se deberían usar las tecnologías más eficientes. Adicionalmente, se debería dar prioridad a minimizar el costo de futuras instalaciones de captura de carbono para plantas existentes, desarrollando por lo menos algunos elementos de tecnología de captura de carbono en cada planta nueva. Actualmente están en marcha esfuerzos activos para desarrollar tales tecnologías para diferentes tipos de plantas base, y deberían ser alentados promoviendo la construcción de plantas de plena escala que utilicen los últimos avances tecnológicos.
- Proseguir con esfuerzos agresivos para comercializar la captura y almacenamiento de carbono. Es crítico avanzar con proyectos de demostración de plena escala, como también lo es continuar con los estudios y la experimentación para reducir costos, mejorar la confiabilidad y enfrentar las preocupaciones sobre pérdidas, seguridad pública, y otros temas. Para que la captura y el secuestro de carbono se implementen ampliamente, será necesario desarrollar normas e introducir señales de precio para las emisiones de carbono. En base a las actuales estimaciones de costo, el Panel de Estudio cree que señales de precio de U\$S 100-150 /tonelada métrica evitada de equivalente en carbono (U\$S 27-41 por tonelada de equivalente en dióxido de carbono) serían necesarias para inducir a la adopción generalizada de captura y almacenamiento de carbono. Este nivel de señales de precio también daría ímpetu para el despliegue acelerado de biomasa y de otras tecnologías energéticas renovables.
- Explorar tecnologías potenciales post-construcción para la captura del carbono post-combustión, que sean adecuadas para la grande y creciente población de plantas existentes de carbón pulverizado. En el corto plazo, las mejoras de eficiencia y las tecnologías avanzadas de control de la polución se deberían aplicar a plantas de carbón existentes como una forma de mitigar sus impactos inmediatos en el cambio climático y en la salud pública.
- Buscar la captura y almacenamiento de carbono con sistemas que quemen conjuntamente carbón y biomasa. Esta tecnología brinda la oportunidad de lograr emisiones netas *negativas* de gases de efecto invernadero – en efecto eliminando dióxido de carbono de la atmósfera.

ACCIONES NECESARIAS

- El sector privado y la comunidad de C&T deben aunar esfuerzos para profundizar la investigación sobre las posibilidades de captura y secuestro de carbono y desarrollar tecnologías adecuadas para la demostración.
- Los gobiernos deberían facilitar el desarrollo de estas tecnologías, poniendo a disposición recursos económicos y oportunidades (por ejemplo lugares de ensayo).
- El público en general necesita estar informado en profundidad sobre las ventajas del secuestro de carbono y sobre la relativa facilidad de administrar los riesgos asociados. Los medios de comunicación pueden ayudar en esta tarea.

CONCLUSIÓN 4. La competencia por el petróleo y el gas natural tiene el potencial de transformarse en una fuente de crecientes tensiones geopolíticas y de vulnerabilidad económica para muchas naciones en las próximas décadas.

En muchos países en desarrollo, los gastos para la importación de energía también desvían los recursos escasos de otras necesidades urgentes de salud pública, educación e inversión en infraestructura. El sector transporte consume solamente el 25% de la energía primaria del mundo, pero la falta de diversidad de combustibles en este sector hace que los combustibles para el transporte sean especialmente valiosos.

RECOMENDACIONES

- Introducir políticas y normas que estimulen la reducción de consumo de energía en el sector transporte a través de (a) mejorar la eficiencia energética de los autos y otros medios de transporte y (b) mejorar la eficiencia de los *sistemas* de transporte (p. ej., invirtiendo en transporte público, mejorando la planificación territorial y urbana, etc.).
- Desarrollar alternativas al petróleo para satisfacer las necesidades del transporte, incluyendo combustibles de biomasa, híbridos conectables a la red eléctrica y gas natural comprimido, así como –a largo plazo– alternativas avanzadas como las celdas de combustible de hidrógeno.
- Implementar políticas que aseguren que el desarrollo de las alternativas al petróleo se realice de una forma que sea compatible con otros objetivos de sustentabilidad. Los métodos actuales para licuar carbón y extraer petróleo de fuentes no convencionales tales como arenas asfálticas y aceites de esquistos, generan niveles de emisiones de dióxido de carbono y otros contaminantes considerablemente altos, comparados con el consumo de petróleo convencional. Aún con la captura y secuestro de carbono, un combustible líquido obtenido del carbón producirá en el mejor de los casos emisiones de dióxido de carbono aproximadamente equivalentes a las del petróleo convencional en el punto de combustión. Si no se capturan y almacenan las emisiones de carbono del proceso de conversión, las emisiones del ciclo total para este camino energético llegan a duplicarse. La conversión de gas natural a líquidos es menos carbono-intensiva que la del carbón a líquidos, pero la biomasa sigue siendo la única materia prima a corto plazo que tiene el potencial para ser realmente neutra en cuanto al carbono y sustentable en el largo plazo. En todos los casos, los impactos del ciclo completo del combustible dependen críticamente de la materia prima usada y de los métodos específicos de extracción o conversión que se utilicen.

ACCIONES NECESARIAS

- Los gobiernos deben introducir más políticas y normas destinadas a reducir el consumo de energía y a desarrollar alternativas al petróleo para ser usadas en el sector transporte.
- El sector privado y la comunidad de C&T deben continuar desarrollando tecnologías destinadas al objetivo antedicho.
- La conciencia del público en general con respecto a los temas relacionados con la sustentabilidad del uso de energía en el transporte debe ser considerablemente incrementada. Los medios de comunicación pueden jugar un rol importante en este esfuerzo..

CONCLUSIÓN 5. Por ser un recurso bajo en carbono, la generación nuclear puede continuar realizando una considerable contribución a la cartera energética del mundo en el futuro, pero solamente si se enfrentan las grandes preocupaciones relacionadas al costo de capital, seguridad y proliferación de armas nucleares.

Las plantas nucleares no generan dióxido de carbono ni emisiones de contaminantes atmosféricos durante su operación, usan una materia prima relativamente abundante e involucran flujos de masa que son órdenes de magnitud inferiores, en relación a los combustibles fósiles. El potencial de la energía nuclear, sin embargo, se ve actualmente limitado por las preocupaciones sobre el costo, el manejo de residuos, los riesgos de proliferación, y la seguridad de la planta (incluyendo las preocupaciones sobre su vulnerabilidad ante actos de terrorismo y sobre el impacto del deterioro de los materiales por neutrones, en el caso de extensiones de la vida útil de reactores). Un rol sustentable para la energía nuclear requerirá enfrentar estos obstáculos.

RECOMENDACIONES

- Reemplazar la flota actual de reactores envejecidos con plantas que incorporen mejores condiciones de seguridad intrínseca (pasivas).
- Enfrentar los problemas de costo promoviendo el desarrollo de diseños estandarizados de reactores.
- Comprender el impacto del envejecimiento de largo plazo sobre los sistemas de reactores nucleares (p. ej. el daño causado a los materiales por los neutrones) y proveer desmantelamiento seguro y económico de plantas existentes.
- Desarrollar soluciones seguras, recuperables, para el manejo de residuos basadas en envases herméticos mientras que se exploran opciones de disposición a largo plazo. Si bien la disposición a largo plazo en depósitos geológicos estables es técnicamente factible, continúa siendo un desafío considerable encontrar caminos socialmente aceptables para implementar esta solución.
- Enfrentar el riesgo de que los materiales y conocimientos nucleares de carácter civil sean aplicados a aplicaciones de armamentos (a) por medio de la investigación sostenida sobre el enriquecimiento de uranio y la capacidad de reciclado de combustible resistentes a la proliferación, y sobre reactores seguros de neutrones rápidos que puedan quemar los residuos generados por los reactores de neutrones térmicos, y (b) mediante esfuerzos para solucionar las deficiencias en los mecanismos internacionales y de gobierno existentes.
- Encarar un re-examen transparente y objetivo de los problemas que rodean a la energía nuclear y sus soluciones potenciales. Las conclusiones de ese estudio deberían ser usadas para educar al público y quienes construyen las políticas públicas.

ACCIONES NECESARIAS

- Dada la controversia mundial sobre el futuro de la energía nuclear, las Naciones Unidas deberían encargar –lo antes posible– un reexamen transparente y objetivo de los asuntos que rodean la energía nuclear y sus soluciones potenciales. Es esencial que el público en general sea informado sobre el resultado de este reexamen.

- El sector privado y la comunidad de C&T deberían continuar los esfuerzos de investigación y desarrollo orientados a mejorar la seguridad de reactores y a desarrollar soluciones seguras para la administración de los residuos.
- Los gobiernos deberían facilitar el reemplazo de la flota actual de reactores envejecidos con plantas modernas y más seguras. Los gobiernos y las organizaciones intergubernamentales deberían incrementar sus esfuerzos para solucionar los defectos de los marcos internacionales y de los mecanismos de administración.

CONCLUSIÓN 6. La energía renovable en sus muchas modalidades ofrece inmensas oportunidades para el progreso y la innovación tecnológica.

Durante los próximos 30-60 años, se deben realizar esfuerzos sostenidos para la realización de estas oportunidades como parte de una estrategia completa que apoye una diversidad de opciones de recursos durante el siglo próximo. El desafío fundamental para la mayoría de las opciones renovables involucra aprovechar de manera costo-efectiva recursos inherentemente difusos y en algunos casos intermitentes. Se necesita un apoyo prolongado, sostenido, para superar estos obstáculos. El desarrollo de energía renovable puede dar importantes beneficios en los países desarrollados y subdesarrollados porque el petróleo, gas y otros combustibles son insumos que se pagan en dinero contante y sonante.

RECOMENDACIONES

- Implementar políticas – incluyendo políticas que generen señales de precio para las emisiones evitadas de carbono- para asegurar que los beneficios ambientales de los recursos renovables en relación a los recursos no renovables serán sistemáticamente reconocidas en el mercado.
- Proveer subsidios y otras formas de apoyo público para el despliegue temprano de nuevas tecnologías renovables. Los subsidios se deberían orientar a tecnologías promisorias pero que no son aún comerciales y declinar gradualmente en función del tiempo.
- Explorar mecanismos alternativos de políticas para nutrir las tecnologías de energía renovable, tales como estándares de cartera de renovables (que fijan metas específicas para el despliegue de energía renovable) y “remates inversos” (en que los desarrolladores de energías renovables ofertan para obtener una parte de fondos públicos limitados sobre la base del subsidio *mínimo* que necesitan por kilowatt-hora).
- Invertir en investigación y desarrollo de más tecnologías de transformación, como nuevos tipos de celdas solares que se pueden hacer con procesos de fabricación continua de película delgada (thin-film) (Ver también la recomendación de biocombustibles # 7).
- Conducir investigaciones sostenidas para evaluar y mitigar cualesquiera impactos ambientales negativos asociados con el despliegue en gran escala de tecnologías de energía renovable. Aunque estas tecnologías ofrecen muchos beneficios ambientales, también pueden tener nuevos riesgos ambientales como consecuencia de su baja densidad de potencia y en consecuencia la necesidad de grandes superficies de tierras necesarias para su despliegue en gran escala.

ACCIONES NECESARIAS

- Los gobiernos deberían facilitar sustancialmente el uso –de forma ambientalmente sustentable– de los recursos de energía renovable por medio de políticas y subsidios adecuados. Un importante avance de políticas en esta dirección podría incluir implementar señales claras de precio para las emisiones evitadas de gases de efecto invernadero.
- Los gobiernos deberían también promover la investigación y el desarrollo de las tecnologías de energías renovables brindando un aumento significativo en los fondos públicos que se dedican.
- El sector privado, ayudado por subsidios gubernamentales, debería buscar oportunidades de emprendimiento en el creciente mercado de las energías renovables.
- La comunidad de C&T debería dedicar más atención a superar las barreras de costo y tecnología que actualmente limitan la contribución de las energías renovables.
- Las organizaciones no gubernamentales pueden asistir mediante la promoción del uso de fuentes renovables de energía en los países en desarrollo.
- Los medios de comunicación pueden desempeñar un papel esencial en el aumento de la conciencia del público sobre los temas relacionados con las energías renovables.

CONCLUSIÓN 7. Los biocombustibles son una gran promesa para enfrentar simultáneamente las preocupaciones sobre el cambio climático y la seguridad energética.

Las mejoras en la agricultura permitirán una producción de alimentos adecuada para soportar el pico de población mundial, que se predice en el orden de 9.000 millones de personas, con exceso de capacidad para cultivos energéticos. Maximizar la contribución potencial de los biocombustibles requiere la comercialización de métodos para producir combustibles de materias primas ligno-celulósicas (incluyendo los residuos y desperdicios agrícolas), que tienen el potencial de generar cinco a diez veces más combustibles que los procesos que usan almidones de materias primas tales como la caña de azúcar y el maíz. Los avances recientes en la biología molecular y de sistemas ofrecen una gran promesa para desarrollar materias primas mejoradas y medios mucho menos intensivos en energía para convertir el material de las plantas en combustibles líquidos. Además, puede ser posible lograr la conversión intrínsecamente más eficiente de la luz solar, agua y nutrientes en energía química mediante microbios.

RECOMENDACIONES

- Llevar a cabo investigaciones intensivas en la producción de biocombustibles basados en la conversión de la lignocelulosa.
- Invertir en investigación y desarrollo para la producción directa, por medio de microbios, de butanol u otras formas de biocombustibles que puedan ser superiores al etanol.
- Implementar regulaciones estrictas para asegurar que el cultivo de materias primas para biocombustibles esté de acuerdo con las prácticas agrícolas sostenibles y promueva la biodiversidad, la protección del hábitat, y otros objetivos de la administración territorial.

- Desarrollar biorefinerías avanzadas que usen materias primas de biomasa para autogenerar energía y extraer coproductos de alto valor. Tales refinerías tienen el potencial de maximizar los retornos económicos y ambientales del uso de recursos de biomasa.
- Desarrollar materias primas mejoradas para biocombustibles por medio de la selección genética y/o la ingeniería molecular, incluyendo plantas resistentes a la sequía y autofertilizantes que requieran mínimo trabajo de cultivo y fertilizante o insumos químicos.
- Organizar un esfuerzo coordinado para recolectar y analizar datos sobre los usos actuales de biomasa por tipo y tecnología (tanto directo como para conversión a otros combustibles) incluyendo usos tradicionales de biomasa.
- Realizar investigación de forma sostenida para evaluar y mitigar cualesquiera impactos ambientales o en los ecosistemas asociados con el cultivo en gran escala de materias primas para biocombustibles, incluyendo impactos relacionados a la competencia con otros usos de la tierra (incluyendo usos para la preservación del hábitat y producción de alimentos), necesidades de agua, etc.

ACCIONES NECESARIAS

- La comunidad de C&T y el sector privado deben aumentar en gran escala sus esfuerzos de investigación y desarrollo (y despliegue) hacia las tecnologías ambientalmente sostenibles y hacia los procesos para la producción de biocombustibles modernos.
- Los gobiernos pueden ayudar aumentando los fondos públicos para investigación y desarrollo y adaptando las políticas fiscales y de subsidios existentes de modo de favorecer el uso de biocombustibles en relación a los combustibles fósiles, particularmente en el sector del transporte.
- Los gobiernos deben prestar adecuada atención a promover los medios sustentables para la producción de biocombustibles y a evitar conflictos entre la producción de biocombustibles y de alimentos.

CONCLUSIÓN 8. El desarrollo de tecnologías costo-efectivas para el almacenamiento de energía, de nuevos portadores de energía, y la mejora en la infraestructura de transmisión podría reducir sustancialmente los costos y expandir la contribución de una variedad de opciones para el suministro energético.

Estas mejoras tecnológicas e inversiones en la infraestructura son particularmente importantes para sacar partido de todo el potencial de recursos renovables intermitentes, especialmente en aquellos casos donde algunas de las oportunidades más abundantes y costo-efectivas quedan alejadas de los centros de carga. Las tecnologías mejoradas para el almacenamiento, los nuevos portadores energéticos, y la infraestructura mejorada de transmisión y distribución también facilitarán la entrega de servicios energéticos modernos a los pobres del mundo – especialmente en las áreas rurales.

RECOMENDACIONES

- Continuar con la investigación de largo plazo en nuevos portadores energéticos para el futuro, como el hidrógeno. El hidrógeno se puede quemar directamente o se puede usar para operar una celda de combustible y tiene una variedad de aplicaciones potenciales, incluyendo la de ser una fuente energética para generar electricidad o para otras aplicaciones estacionarias, y la de ser una fuente alternativa a los combustibles del petróleo para la aviación y el transporte carretero. Las restricciones de costo y de infraestructura, sin embargo, probablemente demoren su disponibilidad comercial general hasta la mitad del siglo, o aún más tarde.
- Desarrollar tecnologías mejoradas para el almacenamiento de la energía, ya sean físicas (p. ej. aire comprimido o almacenamiento elevado de agua) o químicas (p. ej. baterías, hidrógeno, o hidrocarburos combustibles producidos de la reducción del dióxido de carbono) que puedan mejorar significativamente las perspectivas de mercado de los recursos renovables intermitentes, como el viento y la energía solar.
- Buscar la mejora continua y la reducción de costo de las tecnologías para transportar electricidad a grandes distancias. Las líneas de alto voltaje y corriente continua, en particular, pueden resultar decisivas para hacer accesibles áreas remotas para desarrollar energías renovables, mejorar la confiabilidad de la red, y maximizar la contribución de una serie de fuentes de electricidad de bajo carbono. Además, será importante mejorar la administración y el desempeño general de las redes mediante el desarrollo y la aplicación de tecnologías “inteligentes” de red que puedan aumentar mucho la capacidad de respuesta y la confiabilidad de las redes eléctricas de transmisión y distribución .

ACCIONES NECESARIAS

- La comunidad de C&T, junto con el sector privado, debe poner su foco en la investigación y el desarrollo en esta área.
- Los gobiernos pueden ayudar aumentando los fondos públicos para investigación y desarrollo y facilitando las inversiones necesarias en la infraestructura.

CONCLUSION 9. La comunidad de C&T –junto con el público en general- tienen un rol crítico para llevar adelante las soluciones energéticas sustentables y debe estar efectivamente comprometida.

Como se ha hecho notar repetidas veces en las recomendaciones precedentes, los desafíos energéticos de este siglo y posteriores exigen un progreso sostenido en desarrollar, demostrar y desplegar tecnologías energéticas nuevas y mejoradas. Estos avances tendrán que venir de la comunidad de C&T, motivada y apoyada por políticas, incentivos e impulsos de mercado adecuados.

RECOMENDACIONES

- Proveer más fondos para la inversión pública en la investigación y desarrollo en la energía sustentable, junto con incentivos y señales de mercado que promuevan una mayor inversión del sector privado.
- Efectuar una mayor coordinación internacional de los esfuerzos tecnológicos, en conjunto con esfuerzos para enfocar a las universidades e instituciones de investigación sobre el desafío de la sustentabilidad.
- Realizar rigurosos análisis y desarrollo de escenarios para identificar posibles combinaciones de recursos energéticos y de tecnologías de suministro y consumo final que tengan el potencial de atender simultáneamente los múltiples desafíos de sustentabilidad ligados a la energía.
- Estimular los esfuerzos para identificar y evaluar cambios específicos en instituciones, regulaciones, incentivos de mercado y políticas que podrían avanzar las soluciones de energía sustentable del modo más efectivo.
- Crear un mayor foco en la conciencia, educación y capacitación relevantes a la energía a lo ancho de todos los campos profesionales que tengan un rol para jugar en la transición hacia la energía sustentable.
- Iniciar esfuerzos coordinados para informar y educar al público sobre los aspectos importantes del desafío de la energía sustentable, como la conexión entre los patrones actuales de producción y uso de energía y los riesgos críticos ambientales y de seguridad.
- Iniciar mayores esfuerzos de recolección de datos para apoyar la mejor toma de decisiones en áreas importantes de política que actualmente se caracterizan por una falta de información confiable (por ejemplo, algunas ciudades grandes de países en desarrollo carecen de los datos básicos necesarios para planear efectivamente sus necesidades de transporte).

ACCIONES NECESARIAS

- La comunidad de C&T debe esforzarse para lograr una mejor coordinación internacional de los esfuerzos de investigación y desarrollo en energía, parcialmente en colaboración con el sector privado. Debe buscar la articulación de una agenda enfocada, colaborativa, apuntada a enfrentar los obstáculos clave para un futuro de energía sustentable.
- Los gobiernos (y las organizaciones intergubernamentales) deben poner más fondos públicos a disposición para no solamente aumentar mucho la contribución existente de la comunidad de C&T, sino también para atraer más científicos e ingenieros que trabajen en problemas de energía sustentable.
- El por qué y cómo de la investigación y desarrollo en energía se debe hacer transparente al público en general, para construir apoyo para las inversiones significativas y sostenidas en el tiempo que se necesitarán para enfrentar las necesidades de sustentabilidad a largo plazo.
- La propia comunidad de C&T, las organizaciones intergubernamentales, los gobiernos, las organizaciones no gubernamentales, los medios de comunicación y -en menor grado- el sector privado deben estar activamente comprometidos para educar al público sobre la necesidad de estas inversiones.

Alumbrando el Camino

Si bien el panorama energético actual nos hace pensar mucho, el Panel de Estudio cree que hay soluciones sustentables al problema de la energía. El apoyo agresivo a la ciencia y tecnología energética debe estar acoplado con incentivos que aceleren el desarrollo y despliegue simultáneo de soluciones innovadoras que pueden transformar todo el paisaje de la oferta y demanda energética. Existen oportunidades para sustituir tecnologías superiores para la producción y el consumo a lo largo de todos los sistemas energéticos del mundo, pero los flujos de inversión actuales no reflejan estas oportunidades.

La ciencia y la ingeniería nos dan principios de guía para la agenda de sustentabilidad. La ciencia provee la base para un discurso racional sobre los sacrificios de una cosa por otra y los riesgos, para seleccionar las prioridades de investigación y desarrollo, y para identificar nuevas oportunidades —la apertura es uno de sus valores dominantes. La ingeniería, por medio de la incesante optimización de las tecnologías más promisorias, puede entregar soluciones —el aprendizaje por la práctica está entre sus valores dominantes. Se podrán lograr mejores resultados si se exploran muchos caminos en paralelo, si los resultados se evalúan con medidas reales de desempeño, si los resultados se informan amplia y completamente, y si las estrategias están abiertas a la revisión y adaptación.

La investigación y el desarrollo en la energía a largo plazo son por lo tanto un componente esencial en la búsqueda de la sustentabilidad. Se puede lograr progreso significativo con la tecnología existente pero la escala del desafío a largo plazo exigirá nuevas soluciones. La comunidad de investigación debe tener los medios para seguir caminos tecnológicos promisorios que ya se vislumbran y otros que pueden todavía estar más allá del horizonte.

La transición hacia sistemas de energía sustentable también requiere que los incentivos de mercado estén alineados con los objetivos de sustentabilidad. En particular, las señales robustas de precio para las emisiones de carbono evitadas resultan críticas para acelerar el desarrollo y despliegue de tecnologías energéticas de bajo carbono. Estas señales de precio se pueden introducir gradualmente, pero se deben establecer las expectativas sobre cómo cambiarán en el tiempo y comunicarse claramente para que las firmas puedan planear con confianza y optimicen sus inversiones de capital a largo plazo.

Para el éxito de todas las tareas por delante resultan críticas las habilidades de los individuos y de las instituciones para realizar cambios en los recursos energéticos y su utilización. La construcción de capacidad, tanto en términos de inversión en las capacidades individuales como en efectividad institucional, debe volverse una prioridad urgente de todos los actores principales: organizaciones multinacionales, gobiernos, corporaciones, instituciones educativas, organizaciones sin fines de lucro, y medios de comunicación. Sobre todo, se debe dar al público en general información sólida sobre las alternativas que hay por delante y las acciones que se necesitan para lograr un futuro de energía sustentable.