

Los senderos de las transiciones energéticas

Por *Dr. Salvador Gil* y *Dra. Silvina Carrizo*

Este trabajo tiene como objetivo demostrar que el desarrollo sostenible busca “satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas” y plantea que existe un camino que se debe transitar para llegar a ello.

La disponibilidad de energía es fundamental para el desarrollo social y económico. Sin embargo, según la International Energy Agency (IEA)¹ se estima que el 17% de la población mundial todavía no tiene acceso a la electricidad, mientras que el 41% aún emplea leña para cocinar y calentar sus hogares. Se estima que el consumo de energía en el mundo se incrementará entre el 25% y el 70% en los próximos treinta años, dependiendo de la implementación o no de las políticas de eficiencia energética.

Hasta hace pocos años, el debate energético mundial estuvo centrado en la preocupación por el agotamiento de los recursos energéticos, particularmente de los combustibles fósiles. Pero, el fuerte desarrollo de fuentes de energía renovables (eólica y solar fundamentalmente), los avances en el uso racional y eficiente de la energía y los desarrollos de técnicas de extracción de hidrocarburos no convencionales (shale oil y gas en los Estados Unidos y otros países,



notoriamente en la Argentina) despunta un nuevo paradigma energético que no está centrado en la escasez.

En ese sentido, la reciente caída de los precios del petróleo podría estar vinculada a estrategias de algunos productores que procuran retardar el desarrollo de nuevos yacimientos de hidrocarburos no convencionales y de las fuentes renovables, es decir, retardar la inminente transición que se vislumbra en el escenario energético mundial. Otro desafío, íntimamente vinculado con la transición en ciernes, es la creciente preocupación en el mundo por el calentamiento global de la Tierra, ya que hay cada vez más evidencias de que sería producido, en buena medida, por el uso de combustibles fósiles².

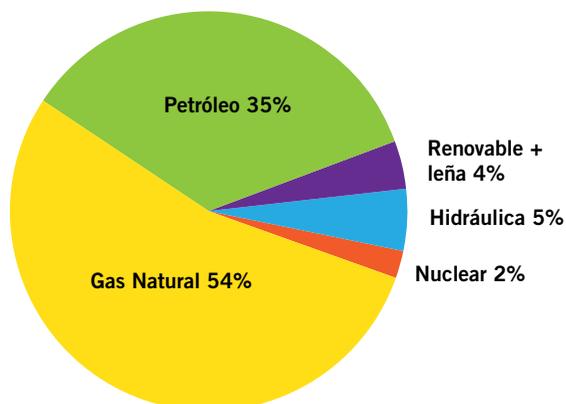
Así, es probable, que aun con recursos fósiles disponibles, debamos minimizar su uso por razones ambientales. Después de todo, la edad de piedra no terminó por la ca-

rencia de piedras en el mundo. Quizás la transición a formas más sostenibles de desarrollo no sea causada por la escasez de combustibles fósiles.

Un desarrollo sostenible³ es el que busca satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas. Involucra aspectos económicos, sociales y ambientales. En busca de respuestas a estos desafíos globales, las Naciones Unidas y el Banco Mundial lanzaron la iniciativa "Energía sostenible para todos" (Sustainable Energy for all o SE4all). Esta iniciativa es un intento de lograr el acceso universal a la energía, mejorar la eficiencia energética y aumentar el uso de energías renovables en el mundo⁴.

Los debates globales se reflejan en nuestro país con matices locales. Por una parte, la Argentina, después de haber sido por más de una década un exportador neto de ener-

Matriz primaria, República Argentina. Año 2013



Matriz energética mundial. Año 2013

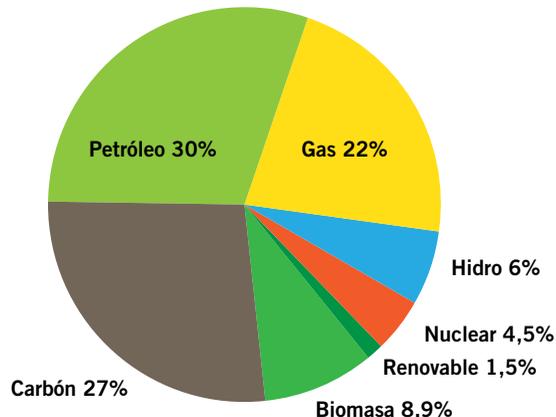


Figura 1. **Matriz energética de la Argentina (izquierda) y del mundo (derecha) para el 2013.** Fuente International Energy Agency (IEA)¹ y Secretaría de Energía de la Nación⁵. En el caso argentino, las renovables + leña representa un 1,8% de las nuevas renovables y un 2,2% de leña, bagazo, etcétera.

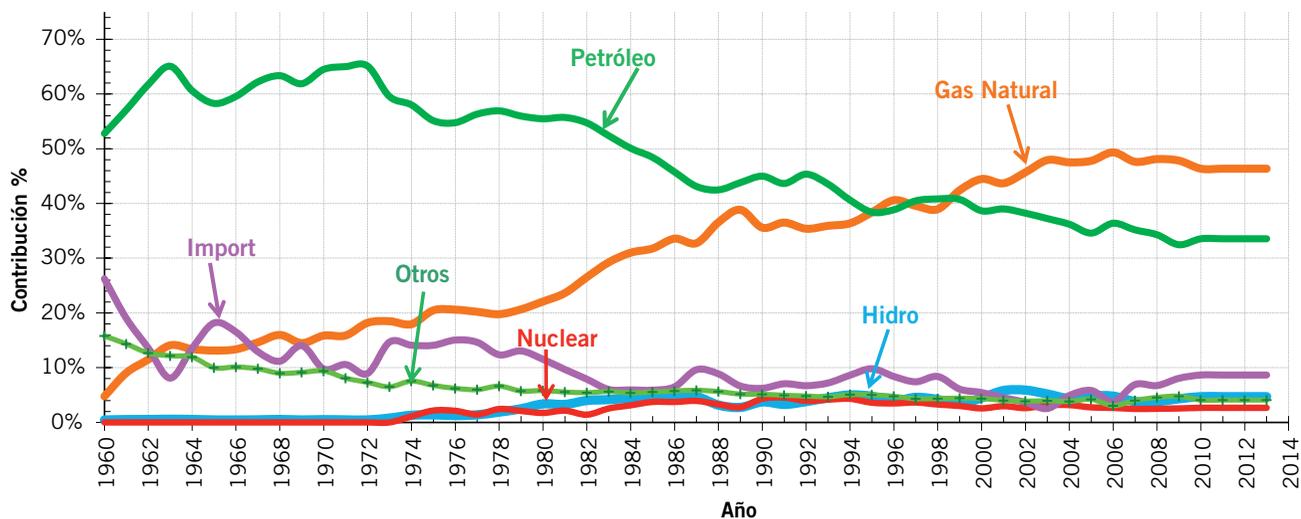


Figura 2. Variación en el tiempo del consumo de energía primaria en la Argentina. La línea naranja representa el consumo de gas natural. A partir de 2001 el gas natural se transforma en la fuente energética del país. También se indica la contribución de la energía importada. En "Otros" se incluye el consumo de carbón, leña, bagazo, eólica, etc. Fuente Secretaría de Energía de la Nación⁵.

gía, a partir de 2005 se ha convertido en importador⁵. Por otra parte, el desarrollo de los combustibles no convencionales le abre una nueva oportunidad al país. Se estima que la Argentina cuenta con uno de los recursos de este tipo más grandes del mundo, cuya potencialidad comienza a despuntar.

En esta nota nos proponemos analizar las fuentes de energía que el país y el mundo han usado en el último siglo y las lecciones que podemos tomar para el futuro.

Argentina –como se ilustra en la figura 1– depende fuertemente de los combustibles fósiles para su aprovisionamiento energético. El petróleo y el gas contabilizan casi el 90% de la energía consumida, donde el gas natural es el componente más importante de la matriz energética, ya que aporta más de la mitad de toda la energía primaria. Análogamente, el mundo, también depende en un 87% de los combustibles fósiles, pero con una mayor participación del carbón mineral, que en la Argentina es mínima, inferior al 0,3%.

En las figuras 2 y 3 se muestra la evolución en el tiempo de la matriz energética nacional durante los últimos sesenta años, y la mundial a partir de 1850. En la comparación, se observa que la Argentina acompaña y, a veces, adelanta las tendencias globales. Esto es notorio para el caso del gas natural. Desde hace más de una década, el gas es el com-

ponente principal de nuestra matriz y su consumo se incrementa a una tasa cercana al 3,3% anual, que se duplica cada veinte años. Desde el punto de vista ambiental, esto es positivo, ya que de todos los combustibles fósiles, el gas natural es el menos contaminante de todos (las emisiones de CO₂ son las más bajas, como se ilustra en la figura 4).

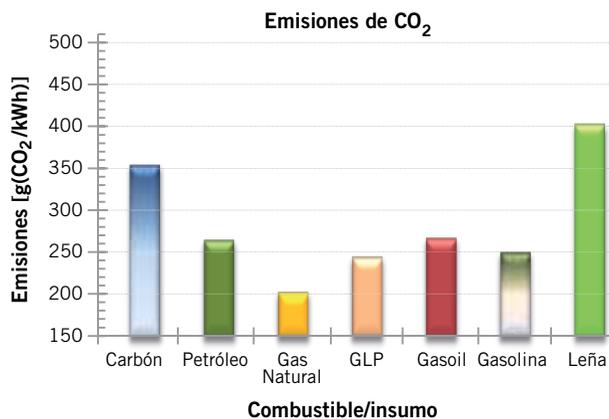


Figura 4. Emisiones de CO₂ de distintos combustibles energéticos en su combustión en g(CO₂)/kWh. Como se observa, de todos los combustibles fósiles, el gas natural es el que genera menos emisiones en su combustión. Fuente: Secretaría de Energía de la Nación Argentina⁵.

Cambios lentos y desafíos apremiantes

La historia nos brinda varias lecciones. Como se aprecia en la figura 3, los cambios en la canasta energética a lo largo del tiempo toman varias décadas para consolidarse. Ochenta años transcurrieron hasta que la contribución del carbón mineral superara el 10% del total (c. 1830) hasta que alcanzó su pico en 1910. Cincuenta y cinco años pasaron desde que, durante la primera Guerra Mundial, el petróleo alcanzara el 10% de la matriz hasta que llegó a su máxima participación en la década de 1970. Sesenta y cinco años nos separan de 1950, momento en que el gas brinda el 10% del aporte energético, y su predominio inminente⁶. En la figura 2 se muestra que para el caso argentino, la transición del petróleo a gas llevó unos cincuenta años.

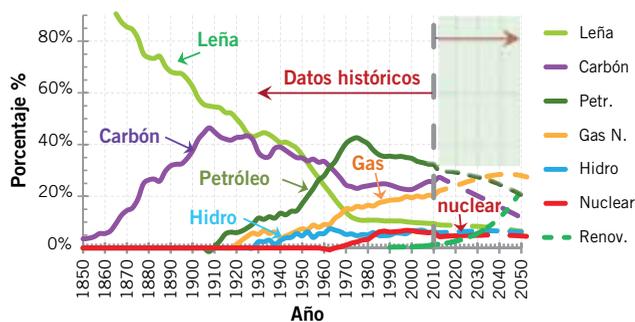


Figura 3. Variación en el tiempo del consumo de energía primaria en el mundo. La zona sombreada después de 2014 es una proyección de la evolución. Fuente: International Energy Agency (IEA).

Estos largos tiempos de transición, característicos de los sistemas energéticos de todo el mundo, se relacionan con el hecho de que la industria energética es capital intensivo. Las grandes obras de infraestructura energética requieren varios miles de millones de dólares. Diseñar, conseguir los fondos y construir una represa hidroeléctrica o una central nuclear, o desarrollar un yacimiento de gas o petróleo toma, al menos, una década. Además del costo y el tiempo asociado a la generación eléctrica o a la producción de combustibles, es necesario realizar las obras de transporte. Una vez construidas estas obras, lleva tres o más décadas amortizar los costos. Así, ese tipo de proyectos tienen un horizonte de treinta a cincuenta años.

Además, en las transiciones energéticas es necesario considerar la gran cantidad de equipos de uso final de la energía, que también deben renovarse. Cuando se pasó de la leña al kerosén, las cocinas tuvieron que ser modificadas. A su vez, las cocinas a kerosén no funcionan a gas, y así sucesivamente. De manera análoga, un vehículo a gasolina (nafta), no funciona a gasoil o con electricidad. Estas transformaciones, además del costo monetario, tienen que franquear pautas culturales arraigadas. En definitiva, las transiciones energéticas, en general, son procesos lentos.

Los largos tiempos asociados a los proyectos energéticos hacen necesaria la búsqueda de acuerdos políticos amplios, que puedan tener continuidad en el tiempo, ya que cualquier programa energético o meta que tracemos en esta área, excede por lejos los tiempos asociados a una

determinada administración política (4 u 8 años). La historia nos enseña que las políticas de Estado, sostenidas en el tiempo, a la par de contar con reglas claras y estables, son requerimientos necesarios, para lograr resultados fructíferos en el área de la energía.

Estos tiempos vuelven más apremiantes los cambios que se deben realizar para mitigar las emisiones de gases de efecto de invernadero. Actualmente, las energías renovables, excluyendo las hidroeléctricas, constituyen el 2% de la matriz energética mundial. Como vemos, la historia no está de nuestra parte para esperar un cambio rápido como el que necesitamos y muchos deseáramos para lograr reducir las emisiones. Por lo que será necesario agudizar nuestro ingenio para acelerar los tiempos. Una posibilidad es comenzar con el uso racional y eficiente de la energía. Además de ser la transición menos costosa, bien administrada puede tener un impacto efectivo en la reducción de las emisiones. Pero además, facilita la transición a las energías renovables, ya que sus efectos se potencian y complementan.

En 2006 se aprobó en la Argentina la ley 26.190 destinada a promover la producción de electricidad con fuentes renovables. Se estableció como objetivo, que en diez años, el país alcance el 8% de su generación energía eléctrica con el uso de fuentes renovables. Sin embargo, a fines de 2015 apenas se logró alcanzar el 2%. Más allá de las buenas intenciones y el déficit en la implementación de medidas, el peso de la historia parece ser más importante de lo que suponemos.

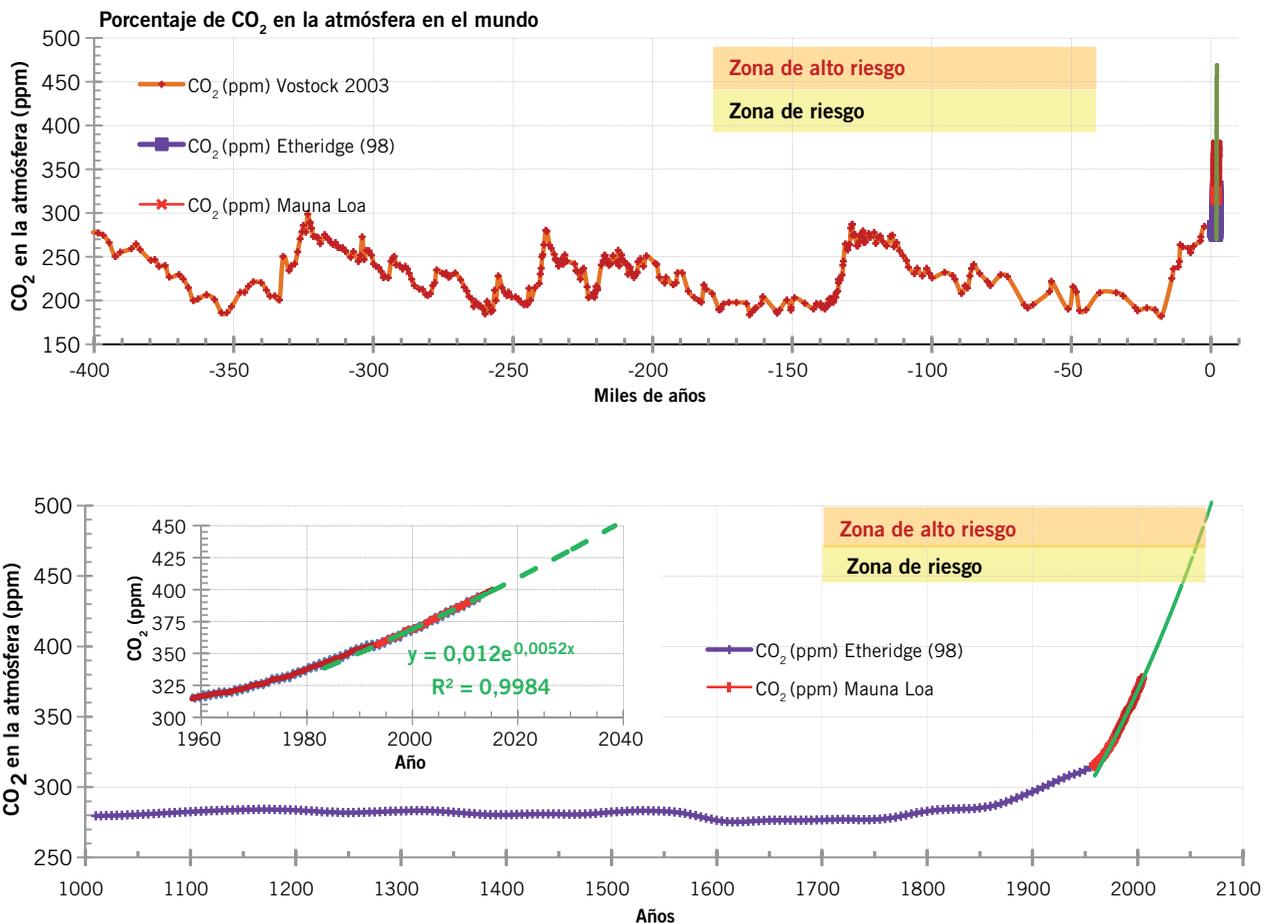


Figura 5. Porcentaje de CO₂ equivalente en la atmósfera terrestre. Arriba, datos obtenidos en Vostock (2003)⁸ correspondientes a los pasados 400.000 años. Los datos más recientes son de la Estación Mauna Loa⁹. En el panel inferior se presenta los datos correspondientes a los últimos mil años y una extrapolación, en el modelo BAU a los próximos cien años (líneas de trazos). Se observa que a menos que se tomen medidas rápidas y efectivas, hacia 2040 alcanzaríamos los 450 ppm.

Tanto el país como el mundo necesitan imperiosamente moverse a vías de desarrollo más sostenibles, si queremos reducir las causas del incremento del efecto invernadero. Se estima que una marca clave la constituye el límite de 450 ppm de CO₂ equivalente en la atmósfera. En el IPCC Escenario 450⁷ se indican las medidas necesarias para limitar la concentración de CO₂ en la atmósfera a 450 partes por millón (ppm), y conseguir que la temperatura global no aumente más de 2°C, de los niveles preindustriales. A este valor se llegaría antes de 2040 (Figura 5). Por lo tanto, el tiempo disponible para lograr un mundo más sostenible es exiguo.

La Agencia Internacional de Energía en el World Energy Outlook (2011) señala que “cuatro quintas partes de las emisiones totales de CO₂ procedentes de la energía permitidas por el Escenario 450 para 2035 ya están –comprometidas– por el stock de capital existente (centrales eléctricas, edificios, fábricas, etc.). Si no se aplican nuevas medidas severas de aquí a 2017, la infraestructura energética existente para esa fecha generará ya todas las emisiones de CO₂ permitidas por el Escenario 450 hasta 2035, por lo que no quedará lugar para nuevas centrales eléctricas, fábricas u otras infraestructuras, a menos que sean de nula emisión de carbono, lo que resultaría extremadamente costoso. Diferir la actuación presente constituye un error en términos económicos: por cada dólar no invertido en el sector eléc-

trico antes de 2020, será preciso gastar 4,3 dólares más tras 2020 a fin de compensar el aumento de las emisiones”. Se estima que para lograr los objetivos del Escenario 450, que no es el óptimo, cada año sería necesario destinar el 1,4% del PBI mundial. Todo este coste; sin embargo, se vería compensado parcialmente por los beneficios que producirá en la economía, la mejora en salud y seguridad en el suministro de energía.

Otro aspecto importante es la distribución geográfica de los recursos fósiles. Estos recursos se encuentran concentrados en pocos países. En cambio, las fuentes de energía renovables, como la energía solar o eólica están más distribuidas geográficamente, aunque su intermitencia no deja de ser un importante problema. Desde luego la eficiencia es un recurso que está accesible para todos.

La irrupción de las nuevas energías renovables

Si la problemática de los combustibles fósiles se limitara solo a una cuestión de disponibilidad de recursos naturales y de técnica de extracción a precios asequibles, podríamos afirmar que disponemos de recursos fósiles, al menos, para uno o dos siglos más. Sin embargo, el calentamiento hace que la transición a una matriz energética más sostenible,

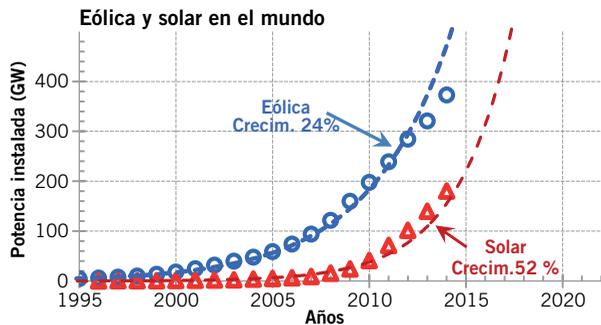


Figura 6. Crecimiento de la capacidad instalada eólica y solar en el mundo. Los símbolos son los valores observados y las líneas de trazos son ajustes exponenciales a los datos. Con estos ajustes se pueden tener algunas proyecciones indicativas. El crecimiento observado en la última década para la energía eólica es del 24% anual y el de la solar, del 52% anual. Fuente: BP Statistical Review of World Energy June 2015¹¹.

libre de carbono, sea una cuestión urgente. Sin embargo, no podemos soslayar el tiempo relativamente largo que estas transiciones implican.

Genéricamente “nuevas energías renovables” (NER) se usa para designar a la energía eólica, la energía solar (térmica y fotovoltaica), la energía de la biomasa (biocombustibles, gas de residuos y gas de aguas servidas, etc.), la energía geotérmica y la energía mareomotriz. Se genera así una distinción con las energías renovables tradicionales como la hidráulica y la leña. Las NER, junto al uso racional y eficiente de la energía (UREE), son las alternativas más atractivas y socialmente más aceptadas para responder a la demanda creciente de energía por parte de la sociedad, reducir las emisiones de gases de efecto de invernadero y lograr así un desarrollo más sostenible¹⁰.

Estas transiciones de la matriz energética hacia alternativas más sostenibles ocurrieron en varios países durante las últimas dos o tres décadas. Alemania, Dinamarca y España son ejemplos notables de estas transiciones. En los últimos años muchos más países, como los Estados Unidos y China se han sumado a la incorporación masiva de nuevas energías renovables. Las figuras 6 y 7 ilustran estas tendencias en el mundo.

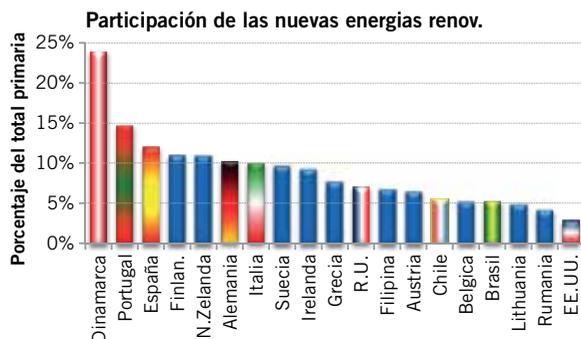


Figura 7. Porcentaje de la participación de las NER en la matriz energética primaria de los países en que estas han tenido una mayor penetración¹⁰.

Como se observa, el crecimiento de la generación eólica en los últimos diez años, tuvo un crecimiento promedio de un 24% anual y la solar de un 52%. A pesar de este impresionante crecimiento, la incidencia de estas energías en el mundo es aún modesta. Hasta 2014 la generación

eólica constituía solo el 3% de toda la energía eléctrica generada en el mundo y la solar solo el 0,8%. Pero se espera que estas dos formas de generación tengan un crecimiento muy significativo en las próximas décadas. La International Energy Agency estima que para el 2050, el 18% de la energía eléctrica producida en el mundo provendrá de la energía eólica. También se observa que el precio de la generación eólica y solar han tenido fuertes caídas en sus precios. En particular, la generación eólica disminuyó sus costos en un factor 10 entre 1980 y 2010. Grandes reducciones se observan también en el caso de la solar. Estas tendencias, sumadas a sus importantes ventajas ambientales en comparación con otras formas de generación eléctrica despertaron expectativas favorables para su futuro. En la figura 7 se muestran los países que más avanzaron en la descarbonización de sus matrices energéticas hasta 2014.

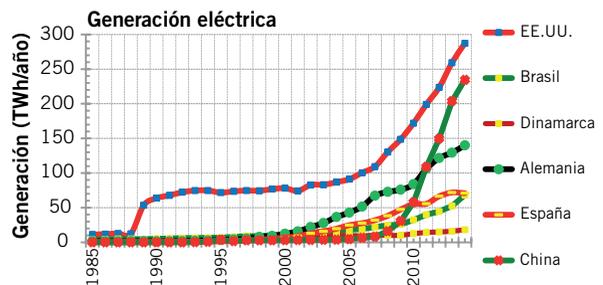


Figura 8. Variación de la generación eléctrica por las NER de un grupo de países en los que estas tuvieron mayor penetración¹⁰.

En la figura 8 se presenta la variación en el tiempo de la generación eléctrica por las NER de un grupo de países en los que estas tuvieron mayor penetración.

En las figuras 8 y 9 se muestra la variación de la generación eléctrica por las NER, la primera en términos de Twh/año y, la segunda, como porcentaje de la generación eléctrica total, para el mismo grupo de países. Comparándolas se observa que, a pesar del importante crecimiento registrado en las últimas décadas, su impacto en la participación relativa es modesto, no alcanzando el 10% de su generación total, a excepción de Dinamarca, Alemania y España.

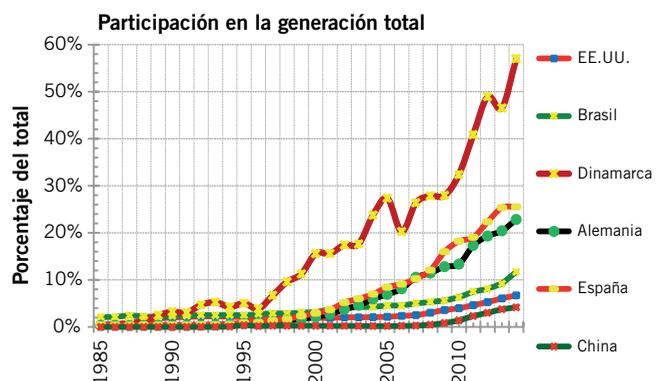


Figura 9. Porcentaje de participación de la generación eléctrica por las NER, respecto de la generación eléctrica total, para el mismo grupo de países de la figura 8. Para la mayoría de estos países, la energía eólica fue la que más aportó a estas transiciones.



Estos casos muestran también que las transiciones inducidas son lentas. Incluso para países que tuvieron una relativamente “rápida” transición propiciada por políticas activas y sostenidas en el tiempo, los tiempos de maduración de las transiciones no fueron inferiores a los veinte años.

Dinamarca, Alemania y España constituyen ejemplos interesantes de cómo se producen transiciones energéticas inducidas por políticas activas: una combinación de uso racional y eficiencia de la energía (UREE) sumada a un fuerte desarrollo de las NER, lograron importantes cambios en sus matrices energéticas y especialmente eléctricas.

Dinamarca logró que casi un cuarto (24%) de la energía primaria consumida¹⁰ tenga su origen en las NER. En este país, el resto de la energía lo aportan en un 36% el petróleo; un 25%, el carbón y un 20%, el gas natural. Por su geografía, su potencial hidráulico es muy escaso. En 1972, el petróleo constituía cerca del 92% de su matriz energética, mayoritariamente importado,^{12,13} en consecuencia la crisis de los años setenta lo impactaron fuertemente. Desde entonces procuró desarrollar su propia producción de petróleo que logró aumentar hasta 2004. Pero quizás el mayor éxito de su política energética se debió al UREE. Desde mediados de los setenta consiguió mantener estable su consumo primario de energía por más de treinta años. Pero esto no impidió que durante ese mismo período, su PBI creciera más del 70%. En 1986, tras un largo debate, se prohibió el uso de la energía nuclear. Además, experimentó un notable crecimiento la generación eólica, como se observa en las figuras 8 y 9. Este desarrollo contribuyó al florecimiento de una importante industria, transformando a Dinamarca en un importante proveedor mundial de equipos y tecnología asociada a la generación eólica.

Otro ejemplo de transición energética inducida y veloz, la podemos observar en Alemania. En 2000, Alemania lanzó la política de Energiewende, que similarmente a Dinamarca, puso énfasis en el UREE y en el desarrollo de las NER. En 2011, tras el accidente de Fukushima, reafirma la decisión de dejar de usar la energía nuclear. Para 2030 se propone que la mitad de la electricidad debería provenir de fuentes de energías renovables nuevas. Para 2050, se espera reducir las emisiones entre un 80% y un 95% respecto de los valores de 1990. El UREE es uno de los pilares de la política energética alemana, que fijó reducir en un 50% el consumo de energía primaria para 2050 (un 20% para 2020) respecto de los consumidos en 2008. Estos objetivos a largo plazo recibieron amplio apoyo político. Durante las últimas dos décadas, Alemania consiguió desacoplar las emisiones de gases efecto invernadero del crecimiento económico. Las nuevas energías renovables llegan a aportar el 10% de la energía primaria: un 8% biocombustibles, un 1% eólica y un 1% solar. El petróleo aporta el 36%; el carbón, un 25%; el gas natural, un 20%; la energía nuclear, un 7% y la hidroeléctrica, el 1,5%. En Alemania, el consumo primario de energía bajó ligeramente en los últimos treinta años, sin impedir un fuerte crecimiento de su PBI.

Otro ejemplo notable de transición inducida es el caso de España. A fines de los años ochenta, España comienza un fuerte programa de desarrollo de NER, principalmente eólica y solar. Después de una sostenida política energética, más del 12% de su energía primaria proviene de esas fuentes.

Avances y perspectivas locales

En el caso de la Argentina, a través del Decreto 531/2016, se reglamentó la nueva ley de energías renovables, ley 27.191 de 2015, que modifica la ley 26.190 de 2006. Estas leyes promueven la expansión de fuentes renovables en generación eléctrica en el país y gozan de un importante respaldo de un amplio espectro político nacional.

La ley 26.190 establecía como objetivo, que en diez años, es decir, para 2016, el país alcanzaría el 8% de su generación eléctrica usando NER. A pesar de distintos esfuerzos, a fines de 2015 apenas se logró alcanzar el 2%. Como consecuencia una nueva ley de energías renovables: la ley 27.191/2015, establece nuevos horizontes. Fija que en 2017 el país deberá contar con el 8% de su generación eléctrica a partir de fuentes renovables y del 20% en 2025.

El objetivo del ejercicio que proponemos aquí es analizar las implicancias del posible desarrollo de las NER, bajo tres hipótesis de crecimiento, uno a ritmo moderado, otro rápido y otro vertiginoso y evaluar si en estos escenarios se pueden lograr los objetivos de la ley 27.191. En todos los casos suponemos que la demanda eléctrica total seguirá aumentando a una tasa del 3% anual. Esta es inferior a la que tuvo en la última década, ya que con políticas de UREE se pueda llevar a ese nivel o tal vez a uno inferior.

Tasa de crecimiento anual	Promedio de la última década
China	30,0%
India	19,5%
Francia	16,2%
Alemania	13,4%
España	12,5%
Brasil	12,4%
Malasia	11,4%
EE.UU.	10,6%
Japón	6,8%
Dinamarca	6,8%
Argentina	6,7%
Canadá	6,0%
Colombia	2,2%

Tabla 1. Tasas de crecimiento anual de la generación por NER. Esos valores son los promedios de la última década. El grupo corresponde a algunos países por elegido la penetración importante de las NER¹⁰.

Se adoptaron tres escenarios de crecimiento:

- Escenario 1: en este caso se supone un crecimiento para los próximos 15 años del orden del 12% anual para la generación NER, similar al que tuvo España en la última década.
- Escenario 2: en este caso se supone un crecimiento para los próximos 15 años del orden del 20% anual de la generación NER. Este crecimiento es comparable al de India.
- Escenario 3: en este caso se supone un crecimiento para los próximos 15 años del orden del 30% anual para la generación NER, similar al que tuvo China en la última década.

Por lo tanto, en ninguno de los tres escenarios el país lograría el objetivo de la ley 27.191, que es llegar al 20%

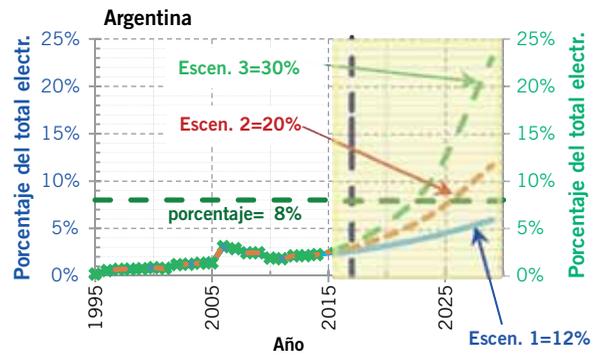


Figura 10. Variación de la generación eléctrica por fuentes renovables en la Argentina. Los cruces son los porcentajes del total de energía eléctrica generada observados. En la zona sombreada se representan las proyecciones, en líneas de puntos, en los tres escenarios analizados.

de la generación eléctrica a partir de energías renovables para 2025. Es decir, para cumplir con la ley, la tasa de crecimiento de las NER en la Argentina en la próxima década deberá superar la que tuvo China en la última década.

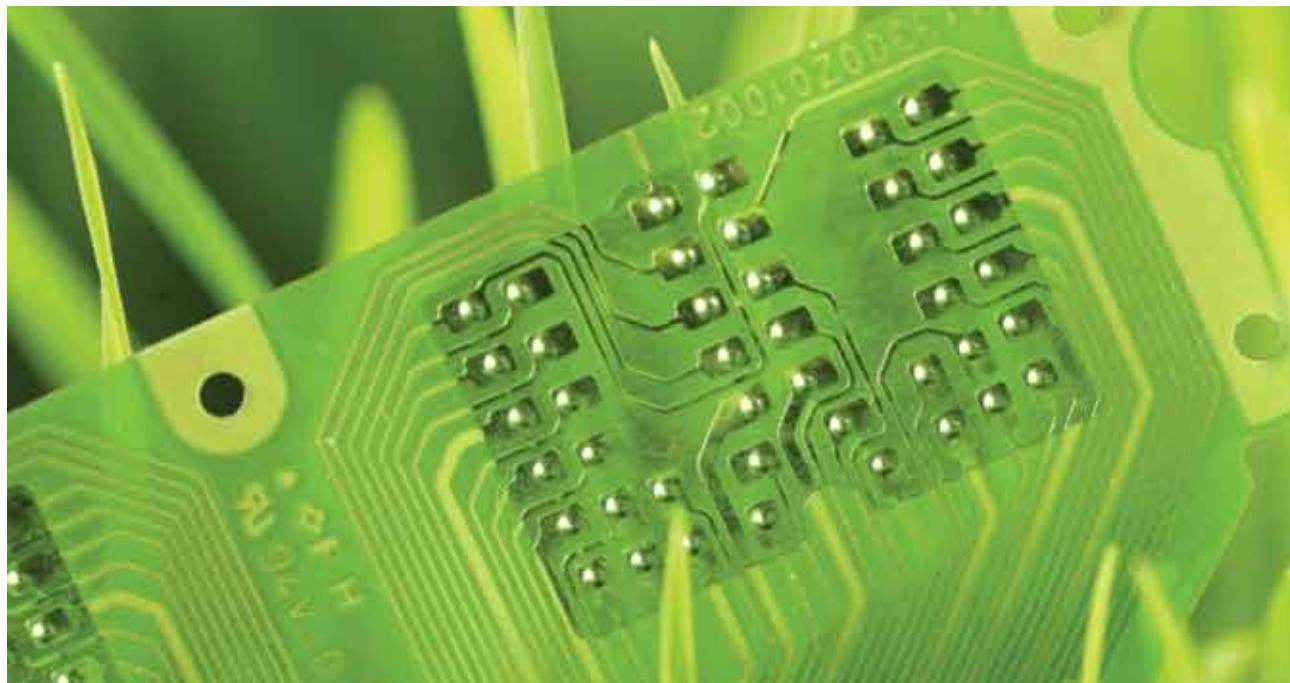
Conclusiones

Los cambios en la matriz energética ocurren tanto espontáneamente como inducidos por políticas públicas. En general estas transiciones energéticas necesitan varias décadas para consolidarse. Estos largos tiempos de las transiciones energéticas se deben a que la industria de la energía es capital intensiva. Diseñar, asegurar la financiación y construir las obras de infraestructura energética requiere al menos una década. Amortizar estas inversiones lleva varias décadas más. Además del costo y del tiempo asociado con la generación o extracción, es necesario realizar las obras de transporte y distribución. Así, estos proyectos tienen un horizonte de 30 a 50 años. Las transiciones energéticas implican además cambios en el equipamiento destinado al uso final de la energía, que también deben renovarse. Estas transformaciones, además del costo monetario, tienen que franquear pautas culturales arraigadas. En definitiva, las transiciones energéticas son procesos lentos.

Estos tiempos prolongados y lentos hacen necesario buscar acuerdos políticos amplios y con continuidad, ya que ejecutar cualquier programa energético excede por mucho la duración de un gobierno. La historia nos enseña que las políticas de Estado, sostenidas en el tiempo, a la par de contar con reglas claras y estables, son requerimientos necesarios para lograr resultados fructíferos en el área de la energía.

Actualmente, hay un creciente consenso en la necesidad imperiosa de realizar acciones tendientes a mitigar las emisiones de gases de efecto de invernadero. La experiencia indica que no podemos esperar un cambio rápido en la estructura de la matriz energética. Esto enfatiza la conveniencia de adoptar sin demora prácticas de uso racional y eficiente de la energía. Además, estas prácticas propician el camino hacia el uso de las nuevas energías renovables.

En ambos sentidos se destacan experiencias favorables, especialmente en países de la Unión Europea. Argentina deberá realizar un gran esfuerzo para alcanzar las metas



que se planteó, a ritmos de crecimiento que superan los valores más altos registrados en el mundo.

Asimismo, este análisis brinda una idea de los desafíos que la Argentina tendrá que enfrentar en la próxima década para alcanzar los objetivos que la nueva Ley de fomento de las fuentes renovables de energía (ley 27.191) fija y la importancia que tendría hacer un uso racional y eficiente de los recursos si demora. ■

Salvador Gil dirige la Escuela de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de San Martín (Unsam) de Buenos Aires.

Silvia Carrizo es investigadora adjunta en el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, CONICET; profesora adjunta en la Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires (UNNOBA); además se desempeña en el centro de estudios sociales de América latina perteneciente a Cesal.

Referencias

- 1 International energy agency (IEA) World Energy Outlook 2014, <https://www.iea.org>
- 2 Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) Quinto Informe de Evaluación. 2014, <http://www.ipcc.ch/>
- 3 Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Comisión Brundtland): Nuestro Futuro Común ONU (11/12/1987) <http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/agreed.htm>
- 4 Sustainable Energy for All, iniciativa iniciada en 2011y auspiciada por la Naciones Unidas y el Banco Mundial. <http://www.se4all.org/>
- 5 Secretaría de Energía de la Nación Argentina. Balance Energético Nacional serie 1970-2013, Enero 2015 <http://energia3.mecon.gov.ar>
- 6 Energy Transitions: History, Requirements, Prospects, Vaclav Smil, Praeger, Santa Barbara, CA. 2010.
- 7 IPCC - Trayectorias de emisión conducentes a la estabilización, http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/es/mains5-4.html
- 8 Historical Carbon Dioxide Record from the Vostok Ice Core, Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC) the U.S. Department of Energy (DOE). <http://cdiac.ornl.gov/trends/co2/vostok.html>
- 9 Mauna Loa Observatory, Hawaii, dependiente del National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), EE.UU. <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/obop/mlo/>
- 10 Energy transitions, renewables and rational energy use: A reality check, V.Smil, OECD Observer No 304 November 2015, https://issuu.com/oecd.publishing/docs/oecdobserver304_november_parissuppl
- 11 BP Statistical Review of World Energy June 2015. <http://www.bp.com/statisticalreview>
- 12 Renewable energy strategies for sustainable development. Lund Henrick, Energy 32. 912-919 (2007). www.sciencedirect.com
- 13 Danish Energy Agency. 2013. Data, statistics, tables, maps. Energy in Denmark 2013. Copenhagen. <http://www.ens.dk/en>