

SECTOR ENERGÉTICO

Una nueva matriz energética para Argentina: rentas termodinámicas y desarrollo industrial, tecnológico y científico

Diego Daniel Roger**

* El presente artículo constituye un avance de un trabajo de tesis doctoral en curso, por lo cual se trata de poner las ideas a presentar en discusión. Asimismo, se ofrece una versión simplificada del trabajo, adaptada al espacio disponible. En la medida en que la aproximación propuesta muestre su utilidad, se espera profundizar en el nivel de detalle y análisis a desarrollar.

** Licenciado en Ciencia Política de la Universidad de Buenos Aires (UBA). Magíster en Dirección Estratégica y Tecnológica por el Instituto Tecnológico de Buenos Aires (ITBA). Doctorando en Desarrollo Económico e investigador de la Universidad Nacional de Quilmes (UNQ), Roque Sáenz Peña 352, B1876BXD, Bernal, Buenos Aires, Argentina.

RECEPCIÓN DEL ARTÍCULO: junio de 2019

ACEPTACIÓN: noviembre de 2019



Resumen

Partiendo de la problemática relación entre energía, restricción externa y subdesarrollo en Argentina, el presente trabajo se propone exponer una metodología para identificar –en esa línea– estrategias de crecimiento apalancadas en la energía. Para ello, sugiere una metodología que, a partir de un análisis basado en un enfoque termodinámico de la energía y en una visión de largo plazo del cambio técnico en su uso, permite identificar combinaciones de recursos energéticos y tecnologías de generación que tienen potencial para traccionar un proceso de cambio estructural a partir del desarrollo de una política energética articulada con los sectores industrial, tecnológico y científico.

Palabras clave: Cambio estructural – Política industrial – Sector energético – Matriz energética – Transición energética

Abstract

A new energy matrix for Argentina: thermodynamic profit and industrial, technological and scientific development

Starting from the problematic relation between energy, external constraint and underdevelopment in Argentina, this work proposes to expose a methodology to identify development strategies leveraged in energy. To this end, a methodology is proposed, which, based on an analysis based on a thermodynamic approach to energy and a long-term vision of technical change in the use of energy, allows the identification of combinations of energy resources and generation technologies that have the potential to pull a process of structural change from the development of an energy policy articulated with the industrial, technological and scientific sectors.

Keywords: Structural change – Industrial policy – Energy sector – Energy matrix – Energy transition

Introducción

Cuando se aborda el problema del subdesarrollo de Argentina en el campo de la economía heterodoxa es común caracterizarlo a partir de la ausencia de cambio estructural. Este concepto de larga raigambre teórica expresa –en una perspectiva comparativa con los países desarrollados– un conjunto de asimetrías en la composición productiva del país, que da lugar a una dualidad estructural expresada en diferentes grados de productividad entre sectores y a un insuficiente desarrollo de la industria. Por otro lado, esta condición de “estructura productiva desequilibrada” da lugar a una serie de fenómenos como la restricción externa y el “péndulo político” que, con variaciones, han caracterizado el devenir político del país desde que se iniciara el proceso de industrialización (Diamand, 1972; Sbatella *et al*, 2012; Gaggero, Schorr y Wainer, 2014).

Dentro de este conjunto de fenómenos la energía ha ocupado un papel central ya que, en cada salto hacia delante en el desarrollo del país, ha aparecido como un factor de retraso o directamente de restricción. O bien por su escasez, o bien por la demanda de divisas que ha implicado su importación, o bien por una lógica rentística que tiende a captar al sector y lastrar la competitividad del país. La contracara de este proceso histórico se puede apreciar en el terreno de disputa de la política, en particular en las políticas públicas, donde las tensiones, marchas y contramarchas en YPF, el plan nuclear, el sector hidroeléctrico, las tarifas, etc., evidencian un espacio de conflicto permanente entre el interés estratégico del país, los nichos de captura de rentas de sectores privados, las empresas transnacionales y los intereses estratégicos de otros países. Teniendo esto en cuenta –en un contexto en que buena parte de los conflictos distributivos y las promesas de desarrollo de nuestra sociedad giran en torno de la energía y que, por otro lado, una sostenida transición hacia las energías renovables marca el rumbo mundial (Shell, 2019)–, resulta más urgente que nunca reemprender una discusión estratégica sobre el rol de la energía en un proyecto de país desarrollado, inclusivo y federal.

Al respecto de ello, parte de las restricciones en desarrollo energético se ha relacionado con la necesidad de importar bienes de capital para su explotación. Por otro lado, los bienes de capital constituyen un vector de desarrollo tecnológico, difusión de conocimiento y capacidades en la trama del sistema productivo y de la competitividad. Por ende, cualquier proceso de desarrollo para el país debe tomar a los mismos como columna vertebral en cada uno de los temas verticales que se seleccionen (Chudnovsky y Nagao, 1987; Peirano, Carregal y Peirano, 2017; Lavarello, 2017).

Esto, en el campo de la energía, resulta particularmente notable ya que el manejo de las tecnologías de generación y/o producción de energía constituye el portal de entrada para desarrollar capacidades que habilitan el ingreso a otras cadenas como, por ejemplo, los servicios relacionados, el paquete tecnológico o las infraestructuras conexas. En otros términos, la capacidad de producir bienes de capital para el sector de la energía, sobre todo en momentos de cambio en el régimen energético (Roger, 2015), habilita senderos de desarrollo de largo plazo y de capacidades que de otro modo resultarían inaccesibles.

Vistas las imbricaciones entre energía, bienes de capital y desarrollo, y asumiendo que muchas de las restricciones del país para salir del subdesarrollo emanan de la energía, resulta imperativo identificar alternativas para aunar a ésta y aquellos en un proceso de desarrollo. O, con mayor precisión, identificar qué matriz energética tendría mayor potencial para traccionar al sector de bienes de capital e inducir un cambio estructural.

El trabajo se ordena en tres partes. En el punto 2 se exponen las aproximaciones teóricas, y se discuten las principales implicancias de éstas para construir una estrategia de desarrollo. En el 3, se abordan algunos tópicos que componen los principales problemas del país en la relación desarrollo energía, haciéndose énfasis en la identificación de las estructuras que explican las dinámicas de largo plazo. En el punto 4 se expone la metodología de análisis y se la testea poniendo en discusión los principales aspectos devueltos por la misma. Finalmente, se discuten las conclusiones más salientes.

Por cuestiones metodológicas y estratégicas¹, la discusión se organizará en torno al sector de energía eléctrica, lo cual, si bien implica un aparente recorte, permite establecer una aproximación integral a lo que en las últimas décadas ha sido un conjunto cada vez más disperso y desconectado de políticas energéticas (nuclear, renovables, térmica, hidroeléctrica, etc.). Por otro lado, despejar el potencial del sector eléctrico para inducir desarrollo permite también contar con una base para pensar el sendero de electrificación de la matriz, basada hoy de manera predominante en hidrocarburos².

Aproximaciones teóricas

Energía y desarrollo

Desde la Revolución Industrial (RI) al presente existe una relación casi directa entre el crecimiento del producto bruto mundial y el consumo de energía (**figura 1**), hecho que no siempre ha sido interpretado de manera correcta en la economía, al poner ésta un énfasis casi exclusivo en el desarrollo tecnológico³ (Smil, 2013; Cottrell, 2009). Esta relación se explica por el hecho de que, el alto nivel de energía contenida en los combustibles fósiles –expresado en términos de densidad energética y exergía– junto a su aptitud para su almacenamiento y transporte, ha permitido explotar altos gradientes termodinámicos⁴ a favor de la sociedad.

Esto ha posibilitado un exponencial incremento de la productividad social ya que esta energía, al ser recuperada y transferida al trabajo como fuerza motriz por

¹ La tendencia hacia la electrificación que se verifica en el sector energética la convertirá en el principal carrier de energía en este siglo.

² Las implicancias en cuanto a propuesta de desarrollo del sector energético del presente modelo de análisis se discuten en Roger (2019).

³ En general, se correlaciona productividad con tecnología olvidando el aporte a la productividad social hecho vía fuerza motriz por máquinas que funcionan con recursos fósiles; por otro lado, se responsabiliza al desarrollo del crecimiento en el consumo de energía, cuando es este consumo -y su eficiencia- lo que empuja el desarrollo y la productividad social.

⁴ La densidad energética es la relación que expresa la cantidad de energía de un recurso por unidad de volumen.

las máquinas térmicas, ha desempeñado un papel central en elevar la productividad del trabajo humano y, en última instancia, liberar recursos sociales de tareas dedicadas a la producción de energía para transferirlas a otras actividades (Roger, 2015; White, 1964; Smil, 2013; Levi Strauss, 1969).

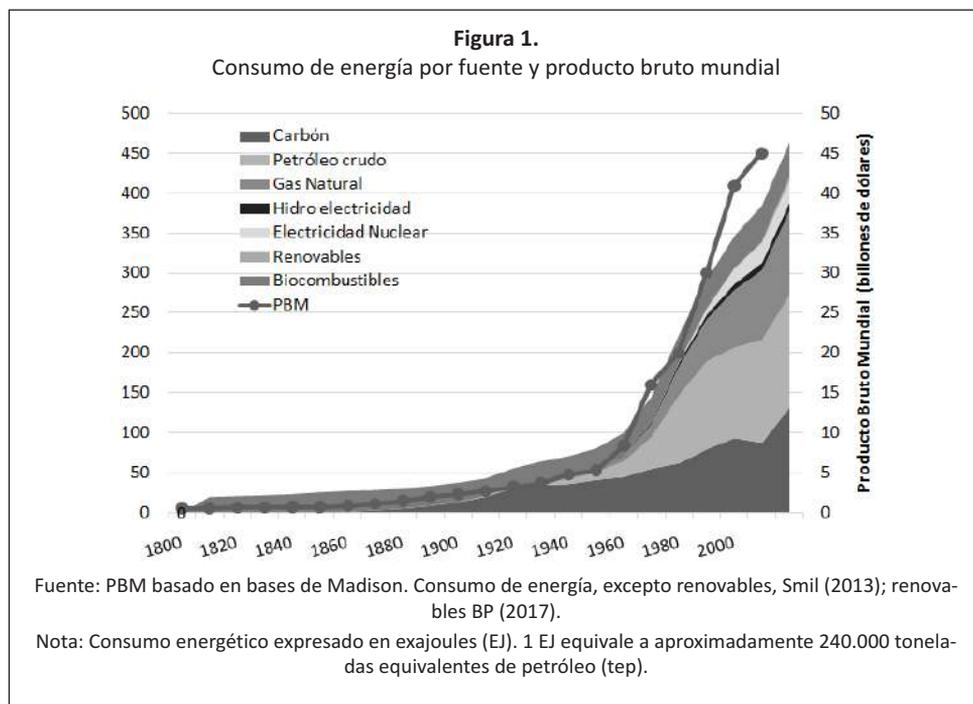
Al respecto de la energía, se puede observar que han existido desde la RI diversas fuentes que se han combinado con tecnologías asociadas a su explotación, y que las mismas conforman un “régimen energético⁵” que se transforma en el tiempo –en lapsos de 50-60 años (ver cambios de fuentes energéticas en **figura 1**)– y configura, en los interregnos, periodos de transiciones energéticas. Dichas transiciones se explican, en buena medida, en el periodo de tiempo que lleva desarrollar y difundir nuevas tecnologías de explotación de recursos energéticos, madurar los paquetes tecnológicos asociados, e instalar las infraestructuras requeridas para garantizar su difusión social (Roger, 2015; Smil, 2013).

Puesto que las fuentes de suministro energético evolucionan junto con las tecnologías que se utilizan para su explotación⁶, resulta central caracterizar dicho proceso, ya que su acertada identificación permite generar acciones que se adelanten a su evolución y, por ende, habiliten oportunidades al país. Ahora bien, ¿en que términos se desarrollan los análisis que sustentan la planificación energética? A la hora de seleccionar recursos para la matriz energética y decidir inversiones⁷ (que en las infraestructuras energéticas siempre son de larga amortización, del orden de décadas), se suele utilizar al precio como variable central. Sin embargo, los diferentes recursos poseen particularidades en lo que hace a su física y, por ende, a su rendimiento.

⁵ El concepto de régimen energético se puede remontar a la antropología de primera mitad del siglo XX, y se nutre de enfoques interdisciplinarios que abordan el problema de la energía en relación con la sociedad y sus procesos de cambio. Para un breve repaso del tema, ver Roger (2015, pp. 32-41).

⁶ Bienes de capital, centralmente.

⁷ Los costos por megavatio (MW) llave en mano de centrales o el costo del megavatio-hora (MWh) de la energía, por ejemplo. Esta decisión asume, en buena medida, que el cambio técnico y la tasa de retorno energético (se la definirá más adelante) de los recursos no están relacionados con la evolución del sistema energético; en el caso, claro, de que los consideren a la hora de la toma de decisiones.



En primera instancia, entonces –y si quisiéramos desarrollar una herramienta que posibilite seleccionar fuentes energéticas para una estrategia de largo plazo–, deberíamos incorporar elementos que permitan ponderar el rendimiento físico del recurso, ya que el precio no expresa dicho diferencial⁸, y densidades energéticas diferentes expresan diferentes gradientes o niveles de productividad apropiables por la sociedad. Por otro lado, se puede observar que la existencia de excedentes energéticos más allá de las necesidades metabólicas de los individuos explica en buena medida la complejización social que ha acompañado a la humanidad desde que se iniciase el proceso de hominización (Ayres y Voudouris, 2013; Uysal, Atasoy

⁸ Mas bien los encubre, al caer en una falacia tecnológica donde se asume que los aumentos de precios aumentan las cantidades de reservas, y se deja de lado el hecho de que más uso de tecnología es más gasto para extraer energía y, por ende, menos energía neta. El caso de los hidrocarburos es un ejemplo.

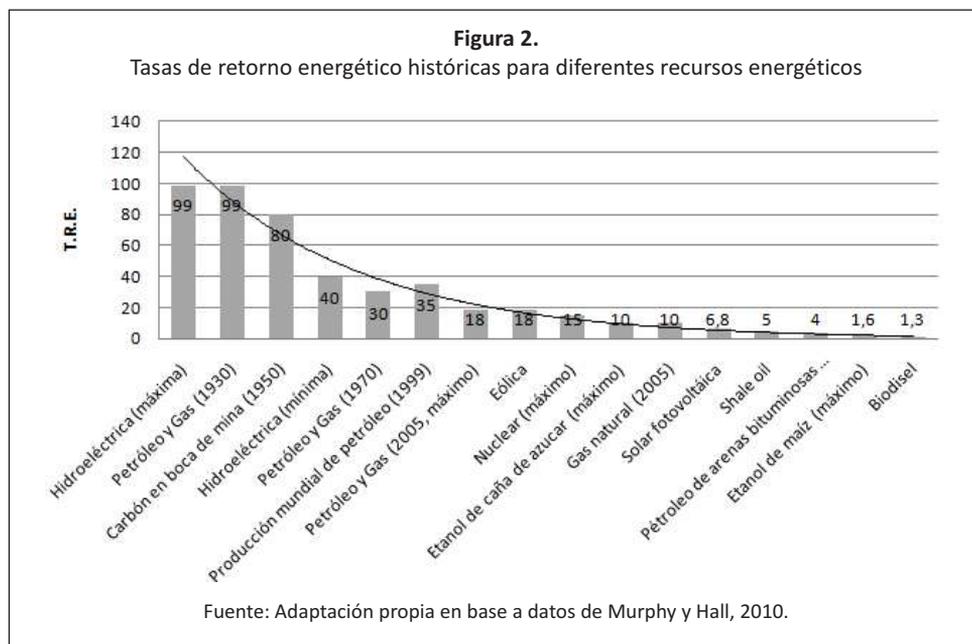
y Bilge, 2017; Ayres y Warr, 2003). O sea, que generar estructuras sociales con mayor complejidad –con individuos que se dedican, por ejemplo, a la ciencia, tecnología y arte–, requiere de la existencia de considerables niveles de excedentes energéticos, sea en la forma de altos gradientes, sean en la de alto consumo (Lambert *et al*, 2012; Smil, 2013; White, 1959).

Profundizando esta mirada física de la energía, se aprecia que producir energía cuesta energía (necesaria para extraer el recurso, procesarlo, etc.), lo cual permite pensar una aproximación para comparar recursos desde un punto de vista físico. Así, si detraemos de la energía contenida en un recurso por unidad de magnitud aquella parte que se requiere para producir energía, nos queda la “energía neta” que el recurso deja para reproducir a la sociedad en cuanto tal⁹. Como primera conclusión podemos sostener entonces, que, a mayor energía neta, mayor recurso para desarrollar a la sociedad (Lambert *et al*, 2012; Murphy y Hall, 2010; Murphy *et al*, 2011).

De tal modo entonces, la energía de, por ejemplo, un barril de petróleo se puede dividir en la parte requerida para producirla y la energía neta (para la sociedad). Así, al dividir la cantidad de energía contenida en ese barril –pongamos como ejemplo que contiene 100 unidades de energía– por la requerida para producirlo, se obtiene un cociente: la Tasa de Retorno Energético (TRE), que expresa el rendimiento para la sociedad del recurso. Siguiendo el ejemplo, si para producir el barril de petróleo precisamos 4 unidades de energía, ese petróleo posee una TRE de 25:1 ($100/4=25$). O, en otros términos, de cada 25 unidades de energía de ese recurso, 1 se utiliza para producir energía y 24 quedan a la sociedad. Como se comprenderá, cuanto mayor es la TRE, mayor la cantidad de energía neta y, por ende, mayor el rendimiento del recurso y las posibilidades de bienestar de la sociedad que se organice en torno a su explotación¹⁰.

⁹ O sea, todas aquellas actividades de la sociedad que no producen el recurso energético en cuestión.

¹⁰ Cabe aclarar que estamos hablando de una sociedad industrial, ya que la traducción de excedente energético en mayor bienestar y productividad requiere de la mediación de maquinas que transformen a la energía en productividad social.



Teniendo entonces este indicador, ahora es factible comparar diferentes recursos energéticos en base a su aporte a la sociedad. Un panorama al respecto se expresa en la **figura 2**, donde se ha agregado la variable temporal, de la cual se puede deducir que los recursos fósiles se encuentran en un proceso de declinación de la TRE, lo cual sume al proceso económico asociado a los mismos en una dinámica de retornos decrecientes. A la vez, se observa que las energías renovables –en un proceso de cambio tecnológico que hace subir el rendimiento de las tecnologías de generación– se encuentran en la curva contraria (Murphy y Hall, 2010).

La **figura 2**¹¹ muestra que los hidrocarburos están en un proceso de rendimientos decrecientes, el cual se agrava cada vez que se requiere más energía para explotar un recurso (como los no convencionales, por ejemplo), ya que se reduce la

¹¹ La figura ha sido organizada de modo cronológico, siguiendo algunas de las fuentes de datos disponibles, de modo de mostrar que la tendencia general en la disponibilidad de energía es a la baja debido, en lo fundamental, a la caída de la TRE de los hidrocarburos, la limitada disponibilidad de hidroelectricidad, y la menor TRE de las nuevas fuentes energéticas.

cantidad de energía neta. Un ejemplo de estas tendencias puede contribuir a iluminar el punto: si en Argentina, en 2005, teníamos una TRE para el gas de 18, para que quede 1 millón de metros cúbicos (m^3) de gas libre para el uso social se requería producir 1.058.800 m^3 . Ahora bien, para obtener la misma cantidad de gas para la sociedad pero con un recurso no convencional, que posee una TRE de 5, se precisan producir 1.250.000 m^3 . Como se aprecia, reemplazar gas convencional por no convencional implica producir 191.200 m^3 adicionales de gas para obtener la misma cantidad de energía neta para uso social. Si tomamos el consumo de gas de Argentina de 2012 (antes de que se explotase Vaca Muerta), de 41.656 millones de m^3 al año, vemos que para reemplazar ese gas convencional en su totalidad por no convencional se requeriría producir casi 8.000 millones de m^3 adicionales al consumo del año base. Si bien la cuenta no es lineal, porque en general se utiliza petróleo y electricidad además de gas para producir gas, el ejemplo es ilustrativo de la tendencia a la cual conduce la apuesta unívoca por los recursos no convencionales, donde una mayor extracción de recurso no necesariamente redundará en mayor disponibilidad social del mismo.

Antes de continuar con el cambio tecnológico es preciso detenerse en una implicancia más de la existencia de diferenciales termodinámicos en las fuentes energéticas, a saber, la existencia de rentas termodinámicas que, expresadas como diferencias de productividad, caracterizan al uso de diferentes fuentes energéticas por los países. Tomemos el caso de dos países (A y B) que deben producir un bien industrial X, el que requiere 100 unidades de energía para ser manufacturado, para lo cual será necesario producir 100 unidades de energía neta. Para obtener esta energía poseen cada uno recursos de diferente rendimiento termodinámico. Uno posee petróleo convencional y el otro no convencional. Haciendo *ceteris paribus* de todos los demás elementos económicos y sociales, y asumiendo una igual productividad en todos los factores, se producen resultados diferenciales en la productividad global de cada uno debidos, en su totalidad, al diferencial de rendimiento termodinámico de las fuentes de energía.

En el ejemplo, A debe generar un 20% menos de energía que B para producir el mismo bien porque A tiene un recurso con un mayor rendimiento; por ende, A en relación a B disfruta de una renta que se expresa como mayor productividad. Esta

renta, al igual que la renta de la tierra, expresa un diferencial de productividad entre un país y otro, pero acá existe una leve diferencia con la anterior, ya que la misma no se expresa si el país no utiliza el recurso para producir otros bienes, ya que en caso de exportar la energía (en este caso petróleo o gas) como tal, no tiene impacto alguno en la productividad del país, aunque posee una renta diferencial comparado con otro exportador de energía (Ricardo, 1973; Marx, 2014; Iñigo Carrera, 2017).

Para cerrar el ejemplo cabe hacer una observación. El tipo de rentas descriptas (las termodinámicas) explica la existencia de un vector potencial de desarrollo de competitividad para países con buenas dotaciones de recursos naturales, ya que seleccionar fuentes energéticas para la matriz con altos y crecientes TRE tiene un impacto directo en la productividad global del país. Por otro lado, en caso de existir recursos energéticos de muy alto rendimiento, también estaríamos en presencia de rentas tradicionales¹², las cuales pueden ser –política pública mediante– reconducidas al desarrollo industrial sin que la sociedad tenga que absorber los sobrecostos que ello implica en los momentos iniciales.

Cambio tecnológico y oportunidades de desarrollo

La discusión sobre los ciclos, crisis y cambio tecnológico en el capitalismo ha estado presente casi desde el inicio de los estudios económicos relacionados con el mismo. Así, desde Kondrátiev (1926) a Schumpeter (2002) se ha discutido sobre la naturaleza y tipicidad de los ciclos, a la vez que su relación con dinámicas internas del sistema. De manera más contemporánea, trabajos provenientes del evolucionismo neoschumpeteriano han retomado la cuestión relacionando a los ciclos de largo plazo con el proceso de cambio tecnológico del capitalismo, relación que explicaría la recurrencia de aquellos a partir del ciclo de vida de las tecnologías (Pérez, 2001, 2004).

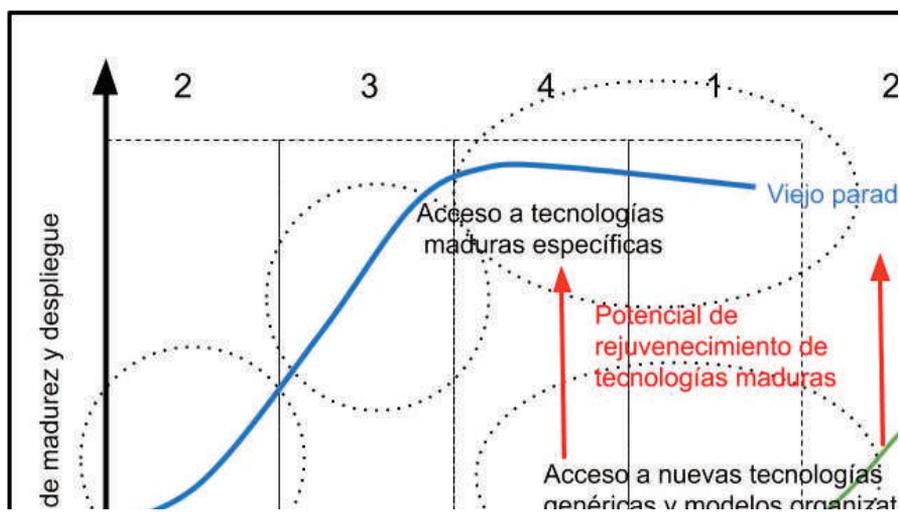
Autores de esta escuela han sostenido que estas grandes oleadas del capitalismo –que denominan “oleadas de desarrollo”–, de unos 50 años de duración, se explican

¹² Las cuales, con mecanismos apropiados, permiten financiar la política sectorial sin comprometer la productividad ni afectar las cuentas públicas.

por la sucesión de cuatro fases en el ciclo de vida de las tecnologías: aparición, difusión, madurez y decadencia. Cada nuevo conjunto de tecnologías que aparece tiene el potencial para traccionar al conjunto de la economía al desarrollar nuevos sectores y renovar los viejos (Pérez, 2001, 2004) e impulsar, por ende, el crecimiento en toda la sociedad. Este movimiento que describen las tecnologías (**figura 3**), que se puede reconstruir por medio de la curva de producción de los bienes implicados, tiene interesantes consecuencias para aquellos países que quieran dar un salto adelante en su proceso de desarrollo.

La principal de ellas reside en el hecho de que, cuanto más temprano se detecte una oleada de desarrollo, más oportunidades se tiene de poder subirse a ella y, por ende, de reducir la brecha con los países desarrollados (Pérez, 2004). Sobre la base de este hecho, es posible apreciar que los países que se han desarrollado lo han

Figura 3.
Ciclo de vida de revoluciones tecnológicas y momentos de oportunidad para países menos desarrollados



Fuente: Elaboración propia en base a Pérez (2001).

hecho siempre subiéndose a una nueva oleada, identificando sus momentos iniciales. Esto no es casual, ya que al inicio de una revolución tecnológica es relativamente más fácil sumarse, a la vez que las nuevas tecnologías tienen un enorme potencial para generar empleo, ingresos, productividad, etc. Por ello, identificar tecnologías en fases tempranas es clave para un país que se quiera desarrollar.

Dicho esto, hay que preguntarse por los requisitos de ingreso para poder subirse a una oleada y el potencial de desarrollo que tiene hacerlo. Como primera instancia hay que señalar que se trata de un proceso, es decir que es dinámico. En tanto que una tecnología es nueva (fase I, irrupción), se encuentra más cerca del conocimiento básico, por lo cual requiere mano de obra calificada y manejo de capacidades científicas. Los mercados también son nuevos, por lo tanto es posible crecer mucho, la intensidad de la competencia es menor, los procesos productivos tienen alto componente manual (menos equipamiento), el ritmo de innovación es más bajo y, en consecuencia, los niveles requeridos de inversión también lo son. A su vez, la capacidad de transferir habilidades de otras industrias hacia las nuevas acorta el desarrollo del nuevo sector y capitaliza aprendizajes existentes (ventajas dinámicas); en tanto que el costo de la mano de obra o la localización (ventajas estáticas) no son centrales, pues el costo de los productos no es la variable central o no se compite únicamente por costos (Pérez, 2001).

Todas estas variables se desplazan en la medida en que cada oleada de desarrollo recorre su ciclo de vida, lo cual en parte explica los sucesivos procesos de deslocalización en busca de países con mano de obra barata y/o con ventajas de ubicación, a la vez que en los países centrales se mantienen los aspectos clave del negocio. Contar entonces con la capacidad de identificar el momento del ciclo en que se encuentra una revolución tecnológica en curso y el conjunto de tecnologías que incuban la próxima, resulta vital para plantear una estrategia de desarrollo.

Energía, tecnología y cambio estructural

Retomando los planteos iniciales, una matriz energética que favorezca el desarrollo industrial debería armonizar recursos, tecnologías y capacidades industriales

del país¹³. En tal sentido es preciso identificar la mejor combinación, que aproveche el potencial termodinámico del recurso (cantidad y alta TRE), con aptitud para inducir desarrollo de las tecnologías (ventanas de oportunidad para subirse al proceso de cambio tecnológico), y que a la vez permita aprovechar capacidades industriales y tecnológicas existentes. Ese diagnóstico exige el desarrollo de una metodología específica.

Debemos de recordar que inducir un proceso de cambio estructural implica, en los términos propuestos por el trabajo, impulsar a sectores que tengan potencial para desarrollar alta productividad, generar puestos de trabajo genuinos y de calidad, trabajar con tecnología de punta, y generar amplias ganancias; y que tengan gran mercado y puedan aumentar la competitividad general del país. En lo que hace al sistema eléctrico, además de cumplir los requisitos de ser tecnologías que ofrezcan potencial de crecimiento, deben contribuir a resolver los problemas estructurales del país (divisas, energías, etc.), lo cual constituye un gran filtro a la hora de seleccionar tecnologías. Para seguir avanzando en esta línea se esbozarán algunos de los problemas históricos del país en relación con el desarrollo y la energía.

Problemas históricos en desarrollo y energía. Estructuras y dinámicas

Para analizar qué sucede en el sector eléctrico con relación al desarrollo, se abordará el mismo desde el punto de vista estructural, entendiendo a la estructura¹⁴ como un entramado de relaciones que explica la dinámica de un sistema (García, 2013). Así, entonces, nuestro recorte se corresponderá con toda la cadena de valor del sistema eléctrico, donde se situarán actores, incentivos y compor-

¹³ Como proxy de las capacidades industriales del país se utilizará el nivel de componente nacional que se logra en la parte electromecánica y/o hidromecánica, etc. en tecnologías de generación, paquetes tecnológicos e infraestructuras asociadas. Al componente nacional se lo entiende tal como lo describe el decreto 1600/02, retomado por la nueva Ley de Compre Argentino y Desarrollo de Proveedores (Nº 27.437).

¹⁴ Afirma García (2013, p. 52) al respecto: “Las estructuras no son consideradas como ‘formas’ rígidas en condiciones de equilibrio estático, sino como el conjunto de relaciones dentro de un sistema organizado

tamientos que componen la dinámica, buscando con ello identificar la estructura que explica el comportamiento del todo con relación al proceso económico político del país. Así, si se sintetiza la dinámica sectorial a partir del *big bang* que significó la desregulación y privatización del sector en la década de 1990 –que, a grandes trazos, implica el paso de un sistema estructurado en Agua y Energía, Hidronor, Segba y algunos actores provinciales a otro compuesto por miles de actores (Cammesa, 2018; Pistonesi, 2000; Romero, 2000)–, se puede observar que la dinámica del sistema se ha tornado procíclica en relación al proceso de restricción externa (Roger, 2019).

La desregulación y privatización del sector eléctrico argentino tuvieron como primeras consecuencias un desplazamiento hacia una lógica de maximización de ganancias, un importante grado de extranjerización y un proceso de re-anclaje (Giddens, 1997) de las relaciones del sistema (entre los actores de éste) en base a los intereses de accionistas extranjeros propietarios de distribuidoras, generadoras, transportistas, etc. El pasaje de una lógica de proveer un servicio a otra de maximización de ganancias implica que el ROI (indicador de retorno de inversión) es el criterio central a la hora de la toma de decisiones de inversión. La extranjerización tiene como consecuencias principales que la estrategia tecnológica pasa a estar regida por decisiones de las casas matrices y/o por el acceso al financiamiento, a la vez que se pasan a drenar divisas para remitir utilidades; el reporte a accionistas extranjeros implica que, además de maximizar su rendimiento (lógica de corto plazo que incentiva la búsqueda de rentas), los criterios respecto de los márgenes quedan supeditados a la percepción de riesgo de estos y, por ende, al imperativo de lograr amortizaciones en plazos menores que los del Primer Mundo (costo de oportunidad ante otras inversiones más seguras).

Así, entonces y de modo estilizado, el sistema conforma una lógica que se desvincula de las necesidades del proceso de desarrollo económico y tecnológico del sector y del país, a la vez que se conecta con las restricciones de fondo de éste (la forma de las relaciones entre actores configura la estructura de la restricción externa). En tal sentido, las consecuencias finales del *big bang* funge como justificación de más apertura, lo cual profundiza el ciclo agravando la desindustrialización, fuga, extranjerización, etc. Hay que señalar que la propiedad emergente

del proceso es la constitución de una lógica recursiva entre desindustrialización, endeudamiento externo y restricción externa. Expresado en términos de la teoría de las restricciones o de dinámica de sistema, la causa raíz del problema se puede hallar en la ausencia de un proyecto y una política de desarrollo que desacople las decisiones de los actores del sistema de la búsqueda de captura de rentas y fuga de divisas que dominan el sector.

Otros elementos permiten corroborar el total desalineamiento estratégico entre las políticas energéticas e industriales, lo que configura una de las tantas paradojas del país en lo que hace al desaprovechamiento de oportunidades para su desarrollo tecnológico e industrial. Si, por ejemplo, analizamos la matriz eléctrica en 2018, medida como porcentajes la generación de electricidad según su origen y el grado de capacidad tecnológica del país en tecnologías de generación eléctrica¹⁵, podemos observar que existe una total divergencia entre ambos, en tanto que el grueso de la generación proviene de tecnologías térmicas (diversas variantes de turbinas, mayoritariamente de gas, pero también de vapor) para cuya generación el país no cuenta con fabricantes de equipos. En cambio, sí cuenta con grandes capacidades industriales en energía nuclear, hidroeléctrica y eólica, biogás y biomasa, y medias en fotovoltaica.

Sobre la base de los datos se puede corroborar que ni el dinero de los contribuyentes que mediante subsidios paga parte del costo de la energía, ni el dinero de los usuarios que vía tarifas paga la energía, se direcciona hacia el desarrollo de tecnologías nacionales de generación eléctrica. Observando el proceso de largo plazo, la dinámica de la inversión en generación eléctrica termina reforzando un proceso de subdesarrollo y destrucción de capacidades tecnológicas, donde cada compra que se malogra de la industria nacional representa oportunidades perdidas de desarrollo tecnológico, mejora competitiva, generación de puestos de trabajo, recaudación impositiva, etc.¹⁶. La paradoja muestra entonces que un país subdesarrollado como el nuestro se da el lujo de exportar empleo industrial, endeudarse en el exterior para adquirir bienes de capital, a la vez que importa un creciente sub-
que se mantiene en condiciones estacionarias (para ciertas escalas de fenómenos y escalas de tiempo), mediante procesos dinámicos de regulación”.

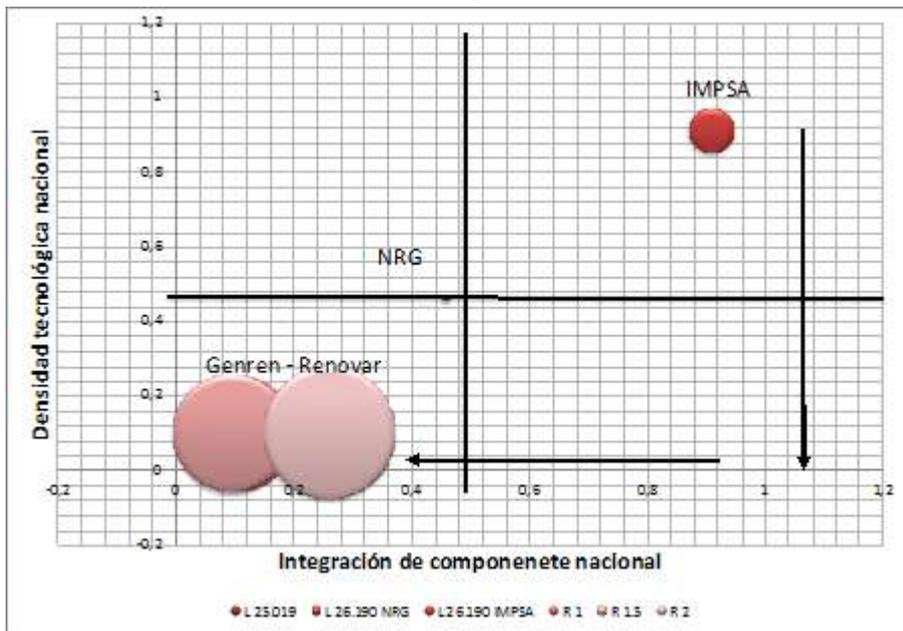
desarrollo; todo subsidiando tarifas y rentabilidad a energéticas que profundizan problemas estructurales.

Entonces, en la política energética nacional es posible apreciar una dinámica que reproduce el subdesarrollo y la dependencia tecnológica, y que se explica por la ausencia de una estrategia de desarrollo que corte con los problemas de estructura productiva del país y alinee las políticas energéticas, industriales, tecnológicas y científicas. Esa dinámica se alimenta del financiamiento externo que se utiliza para importar equipos que se podrían fabricar en forma local –con los cuales se genera energía a partir de recursos naturales–, y que permite que rentas vía divisas se vayan del país para pagar el financiamiento. En el camino, esto provoca desindustrialización, pérdida de empleo, y mayor restricción externa.

La política llevada adelante en tecnología eólica es un ejemplo que ilustra de manera precisa esta tendencia, ya que la construcción de parques se ha realizado con un nivel de componente nacional muy por debajo del alcanzable por la industria nacional, de acuerdo con una modalidad de desarrollo que ha implicado el diseño de políticas orientadas a las necesidades de las empresas tecnológicas extranjeras y a los desarrolladores. En la **figura 4** se puede apreciar que, salvo una parte del desarrollo de Parque Eólico Arauco realizada con equipos de IMPSA (cuadrante superior derecho) y un equipo de NRG Patagonia en Chubut (punto cercano a intersección), toda la capacidad instalada construida y en proceso de construcción (Genren, Renovar y Mater, círculos grandes de cuadrante inferior izquierdo) ha implicado un bajo nivel de inclusión de componente nacional, a la vez que un nulo nivel de ingeniería nacional. En consecuencia, se produjo un proceso de destrucción de capacidades y profundización del subdesarrollo y la dependencia tecnológica.

Entonces, si el camino al desarrollo –tal como se repite de manera incansable– es el impulso de actividades relacionadas con el conocimiento, el caso de la eólica se suma a la colección de oportunidades perdidas, donde la apertura de plantas para el ensamblaje de aerogeneradores extranjeros¹⁷ no hace más que profundizar

Figura 4.
Nivel de componente nacional y de ingeniería nacional de diferentes iniciativas de política para tecnología eólica



Fuente: Elaboración propia en base a relevamiento de capacidades industriales nacionales y a Aggio, Verre y Gatto (2018), y resultado de licitaciones de Plan RenovAR disponibles en www.cammesa.com.

la lógica de captura de rentas y desindustrialización del sistema, ya que la estructura de incentivos se dirige hacia el aspecto financiero del negocio en vez de enfocarse en el industrial y tecnológico. En tal sentido, sin duda se requiere un amplio rediseño de políticas, porque la segmentación de las tecnologías de generación en cotos y su desvinculación de los recursos naturales y tecnológicos con los que cuenta el país no hace otra cosa que desdibujar el horizonte de una transición energética competitiva y tractora de desarrollo.

Argentina posee recursos eólicos y solares de clase mundial, abundantes hidroeléctricos, mareomotrices y undimotrices que, con políticas públicas ade-

cuadas, le podrían permitir capturar las rentas de recursos naturales para redirigirlas al desarrollo industrial sin confrontar con otros sectores por su apropiación¹⁸. Posee, asimismo, abundantes recursos biomásicos, en parte derivados de actividades agro-ganaderas y la industria alimenticia, que en un marco adecuado e integral de políticas (ambientales, energéticas, productivas e industriales) ofrecerían un interesante y distribuido nicho energético. Por otro lado, tenemos también uranio en buenas cantidades y dominio de todo el ciclo del combustible nuclear. Dicho en otros términos, estos recursos –unidos a las capacidades industriales y científicas del país– ofrecen la base para una política de desarrollo apalancada en la energía, la cual tendría una viabilidad sociopolítica alta y el potencial para condensar una interesante alianza de actores políticos, sociales y empresarios tras de sí.

Si se buscara desarrollar una estrategia para aprovecharlos, las aproximaciones de la economía clásica o heterodoxa dejan de lado el aspecto físico de la energía que antes se ha revisado, lo cual implica permanecer ciegos a la hora de identificar potenciales rentas termodinámicas para una política de desarrollo y dar la espalda a las oportunidades que definen el proceso de cambio tecnológico. Es preciso, entonces, buscar otras alternativas.

En lo que hace a la cuestión tecnológica del problema, se puede corroborar que el mundo marcha hacia un proceso de cambio tecnológico de la mano de las energías renovables, por lo cual es preciso analizar nuestras alternativas en ese campo¹⁹. Esta aproximación debe incluir el cambio en las tecnologías de generación, pero también en el paquete tecnológico y en las infraestructuras que se asocian a los regímenes energéticos futuribles, de modo de identificar ventanas de oportunidad para el país.

¹⁵ Concretamente, el nivel de componente nacional que se puede alcanzar para los equipos de generación en las respectivas tecnologías, contabilizado tal como se expuso en la nota 8.

¹⁶ Al respecto ver Fabrizio y Roger (2017).

¹⁷ En concreto, los casos de Vestas y Siemens Gamesa.

Resulta también indispensable un análisis de las capacidades institucionales, industriales y tecnológicas nacionales, para contar con ponderaciones del *esfuerzo científico tecnológico* implicado en cada caso. En lo que respecta a la energía, un análisis basado en precios o stocks es insuficiente y engañoso: es preciso introducir variables que den cuenta de la dimensión física de la energía, las cuales indican las tendencias de rendimientos de cada recurso (crecientes o decrecientes).

Metodología de análisis

Una perspectiva desarrollista de la matriz energética

Se propone incorporar una perspectiva que identifique el potencial para inducir desarrollo por la vía del cambio estructural de paquetes de recursos energéticos con sus respectivas tecnologías de generación. Esta estrategia incorpora una mirada doble. Por un lado, el índice de potencial energo-rentístico (PER) en el que se representan los recursos en función de su magnitud y su TRE actual y futura, lo cual permite identificar su potencial para generar rentas e inducir productividad. Por el otro lado, la mirada tecnológica plasmada en un índice de potencial de desarrollo industrial tecnológico (PDIT) que pondera tecnologías de generación, paquete tecnológico, infraestructura de régimen energético y capacidades tecnológicas e industriales nacionales. Este índice representa el potencial que tienen las tecnologías para traccionar el desarrollo de sectores industriales competitivos, que generen empleo de calidad y que puedan sostenerse por sí mismos en el mediano plazo sobre la base de su desarrollo. Puesto que, como hemos señalado, los bienes de capital son clave en todo proceso de desarrollo, el foco del índice recae en ellos a partir de su potencial de generar *spillovers* en la trama productiva, aprovechar trayectorias existentes y desarrollar nuevas a partir del aprovechamiento de la oportunidad.

El PDIT representado en el eje X se incrementa a medida que nos desplazamos hacia la derecha, por lo cual cuanto más hacia ese sector se desplace una tecnología, mayores posibilidades ofrecerá de desarrollo tecnológico e industrial al país. En lo que hace al PER, representado en el eje Y, el incremento se da a medida que se asciende, por lo cual el mayor potencial se encuentra arriba y el menor, abajo.

Sobre la base de esta distribución se construye una matriz de dispersión que se puede ordenar en cuatro grandes cuadrantes, que organizan al mix tecnología-energía en función del rol que pueden jugar para el proceso de desarrollo del país. En el cuadrante 3 (pendiente de rendimientos decrecientes) inferior izquierdo, es posible apreciar la situación más desfavorable de las cuatro, en la que la conjunción de un bajo PER y PDIT configuran en escenario de rendimientos decrecientes y, por ende, una constelación de paquetes energéticos tecnológicos que no aportan desarrollo futuro a la sociedad sino que, por el contrario, es posible que requieran de grandes esfuerzos para producir la energía allí implicada; en tanto que en lo tecnológico se corresponden con mercados maduros con alta competencia por costos y dominados por la escala.

El cuadrante 1 (energía segura con baja oportunidad tecnológica) superior izquierdo, tal como su título lo ilustra, plantea una situación en la cual un paquete energético provee energía de calidad a la sociedad de la mano de tecnologías maduras. Que se trate de tecnologías maduras no implica que no se puedan desarrollar a nivel local, pero sí denota que no ofrecen mercados amplios ni oportunidades de mejora de la productividad (baja de costos significativos, entre otras). Se trata, en resumen, de una situación que ofrece energía a bajo costo y con un muy buen nivel de energía neta para la sociedad, por lo cual los paquetes energético-tecnológicos que se ubiquen aquí pueden aportar a la sociedad una buena base energética a costos competitivos, pero sin generar oportunidades de cambio estructural por la vía del desarrollo industrial y tecnológico.

El cuadrante inferior derecho, el 4 (nicho tecno-energético), ilustra la situación de un nicho en el cual, si bien no existe un gran potencial energético, sí existe una oportunidad tecnológica que, de abordarse sólo en relación con el mercado interno, ofrece una oportunidad acotada. No obstante, si la oportunidad energética no solo se circunscribe al país u ofrece encadenamientos y/o sinergias con otros sectores u otros suministros energéticos, es posible que este cuadrante ilustre una oportunidad de desarrollo tecnológico que tome como base de despegue el recurso existente a nivel local.

Finalmente, el cuadrante superior derecho (palanca tecno-termodinámica) el 2, ilustra la situación en la cual se produce una conjunción entre una oportunidad energética y una tecnológica. Se trata de la situación ideal, en la que tecnologías jóvenes cuentan con un gran potencial energético local para desarrollarse y que, en consecuencia, pueden ser la base de un futuro cuadrante 1, pero que suma el potencial de realizar desarrollo industriales y tecnológicos locales. Esta posibilidad abre el camino para el logro de derrames, tanto tecnológicos como termodinámicos, pues con paquetes tecnológicos por desarrollar e infraestructuras que crear las posibilidades son enormes.

Situaciones como éstas son las que se dieron a principios del siglo XX con el petróleo y la electricidad o con la conjunción del carbón y la máquina de vapor y el ferrocarril en el siglo XIX, y tienen el potencial para generar grandes avances en los procesos de desarrollo de aquellos países que sepan aprovecharlos, por lo cual se comprenderá la importancia de identificarlas a tiempo.

Entonces, a modo de resumen, en los cuadrantes superiores (1 y 2) existen oportunidades de capturas de rentas termodinámicas que, con adecuadas políticas, pueden permitir el desarrollo de otros sectores. Por su lado, en los cuadrantes derechos (2 y 4), se aglutinan las oportunidades tecnológicas que, identificadas de manera correcta, y apoyadas a partir de, por ejemplo, la captura de rentas energéticas (por medio de una economía industrial), pueden constituir la base de un proceso de cambio estructural traccionado por la industria de bienes de capital relacionados con la energía.

Antes de continuar realizaremos una breve descripción de la construcción de los indicadores para ofrecer mayor claridad a los resultados que los mismos devuelvan luego de su testeo con datos de la realidad del país.

· **Potencial enorgo-rentístico (PER)**

El análisis del PER se organiza en función del potencial que el recurso detenta para inducir efectos de desarrollo en el país. Por lo cual, es preciso corregir la dotación de recursos en función de dos elementos: por un lado, la dimensión tem-

poral, en la que se pone en evidencia el “aliento” del recurso y, dado que estamos trabajando en relación a desarrollos tecnológicos, el plazo del análisis será de 40 años, cifra que está en línea con inversiones de la magnitud de las energéticas y el tiempo de difusión de sus tecnologías asociadas; por el otro, la dimensión física de la energía, que si bien está relacionada con la tecnológica, no es tomada en cuenta por la economía del *mainstream*. Dicha dimensión física se introducirá por la vía de la TRE del recurso que, de esta manera, corrige su volumen por la capacidad que tiene de entregar energía neta a la sociedad y, en consecuencia, derramar bienestar e inducir productividad.

Entonces, el Potencial Energético del recurso es:

$$PER = M * TRE_{act} * T$$

Donde:

- PER: Potencial energe-rentístico del recurso.
- M: Magnitud del recurso (Ew=exavattios/h/año).
- TRE_{act}: Tasa de retorno energético actual del recurso expresada en decimales.
- TRE_{fut}: Tasa de retorno energético a 40 años del recurso expresada en decimales.

• **Potencial de desarrollo industrial tecnológico (PDIT)²⁰**

El índice agrupa, tal como se ha dicho, a los elementos tecnológicos y capacidades, y el resultado que arroja se compone del siguiente modo:

$$PPTP = (PDT * CTI) + IRE$$

¹⁸ A diferencia de la renta de la tierra, no es preciso disputar la apropiación de ésta con quien la explota. En los mecanismos mismos que regulan la explotación de los recursos, es posible establecer herramientas

Donde:

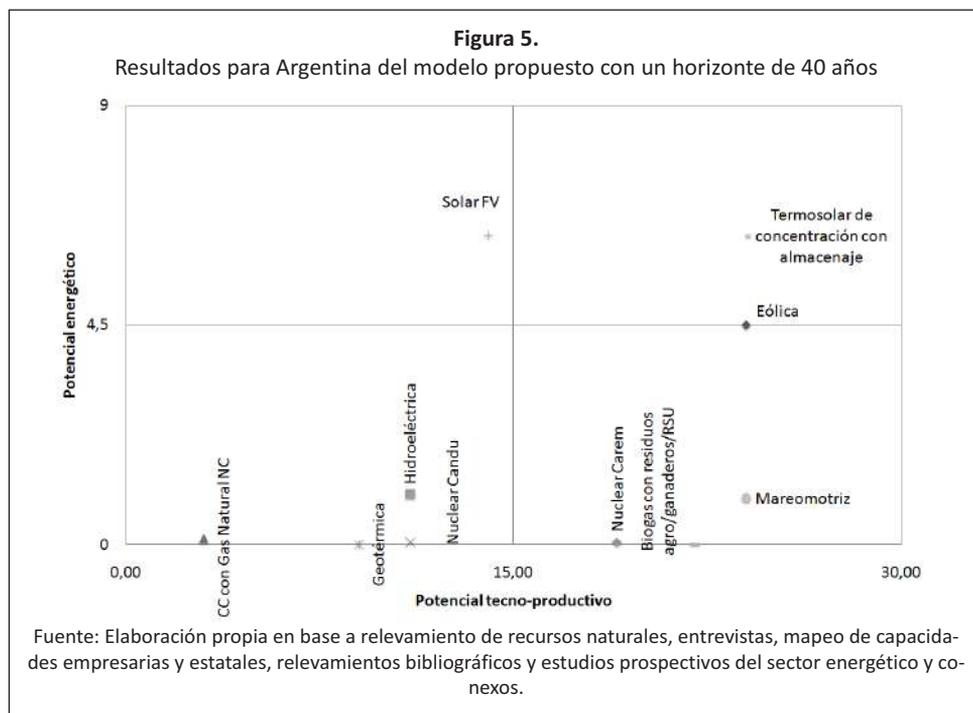
- PDT: Potencial de desarrollo de la tecnología núcleo.
- CTI: Capacidades tecnológicas e industriales de la tecnología núcleo en el país.
- IRE: Potencial de desarrollo de la infraestructura del régimen energético.
- PTFE: Potencial de desarrollo del paquete tecnológico de la fuente energética.

La construcción del índice busca reflejar el impacto diferencial que tiene en la ocurrencia de una oportunidad de desarrollo (Pérez, 2001, 2004, 2010; Roger, 2015), la fase de desarrollo en la que se encuentra una tecnología, y el nivel de capacidades locales para aprovecharla. Los otros dos elementos, que son importantes y representan también grandes oportunidades, se encuentran subordinados al PDT, ya que son dependientes del sendero que se trace a partir de éste. Sin duda pueden existir oportunidades a partir del desarrollo de infraestructuras, aunque no se esté ante una oportunidad en los elementos PDT y PTFE, pero lo que resulta claro es que no será una oportunidad de desarrollo industrial orientada al cambio estructural.

La ecuación busca describir el peso ponderado de los elementos que componen una situación ideal para un proyecto con vocación desarrollista. Se trata también de que se resalte en el resultado una respuesta concreta a qué ofrece el país que pueda aportar al aprovechamiento de la oportunidad, lo cual a su vez plantea la necesidad de revisar con detenimiento el inventario de capacidades que existen no solo en la cadena de valor de referencia sino también, por ejemplo, en aguas laterales, es decir en otras cadenas que pueden manejar las capacidades y conocimientos requeridos por el campo en estudio.

Una matriz energética para el desarrollo industrial

Para testear la herramienta se trabajará sobre una serie acotada de recursos, los cuales incluyen el gas de Vaca Muerta y Los Molles con ciclo combinado; hidroeléctrica de potencia; mareomotriz y corrientes marinas; solar fotovoltaico sobre el 2% de la superficie de Argentina continental con irradiación solar prome-



dio; igual para termosolar de concentración con almacenaje; nuclear Candu y Carem, con uranio disponible en el país; biogás con residuos agro-ganaderos y sólidos urbanos y eólica continental en locaciones con más de 30 de factor de capacidad. Asimismo, para ordenar el gráfico, los valores de magnitud de los recursos energéticos (M) han sido expresados como porcentaje del eólico, previa conversión en electricidad por la tecnología correspondiente con valores de eficiencia y factor de capacidad estándares. Los resultados se exponen en la **figura 5**.

Hay que recordar que la matriz devuelve una perspectiva de largo plazo, ya que los recursos están equalizados a 40 años y el análisis tecnológico aprecia a las tecnologías con relación a su potencial de desenvolvimiento futuro.

Tal como se ve, el modelo analítico ofrece varias sorpresas. Quizás la más relevante en relación al discurso sobre desarrollo energético vigente: el bajo potencial

para inducir desarrollo por la vía del cambio estructural de Vaca Muerta²¹, lo cual se explica por una TRE muy baja y en declinación, a la vez que las tecnologías asociadas al uso de gas natural son maduras. En extremo opuesto pueden ubicarse las tecnologías eólica y termosolar, ya que además de tratarse de recursos renovables de gran magnitud y que se encuentran en procesos de rendimientos crecientes, son tecnologías que están en ciclos iniciales de vida, y el país tiene capacidades en ellas. Por su lado, en áreas de nichos aparecen la energía mareomotriz, nuclear Carem, biogás, todas las cuales cuentan con un recurso energético acotado²² pero promisorias oportunidades tecnológicas. Si bien la hidroeléctrica aparece con bajo potencial (no quedan tantos recursos hidroeléctricos por explotar), mirado desde el punto de vista de un mix renovable tiene interesantes perspectivas, ya que hibridado con centrales eólicas puede brindar interesantes oportunidades a muy buenos costos. Cabría agregar que la segunda vida de las capacidades en el sector hidroeléctrico se encuentra en la tecnología mareomotriz y, de forma más inmediata, en las centrales de almacenaje de energía por bombeo.

De la **figura 5** se pueden extraer, entonces, las metas de largo plazo de lo que sería una matriz diversificada y desarrollista, donde el principal desafío para la política radica en llevar adelante acciones que desplieguen ese potencial sobre la base de gestionar una convergencia entre el presente y un escenario futuro deseado (cuadrantes 2 y 4). No obstante, es preciso complementar estos análisis con otros que cubran otras aristas del problema y que por razones de espacio no se pueden abordar. Algunos de ellos son los stocks absolutos de recursos naturales, las per-

que instituyan una dinámica ganar-ganar entre las partes involucradas (Estado, industrias, desarrolladores, sistema científico, etc.).

¹⁹ Básicamente, la decisión consiste en desarrollar tecnologías nacionales renovables para aprovechar la actual ventana de oportunidad o resignarnos a importarlas, lo cual profundiza la restricción externa.

²⁰ Ésta es una versión sintética del índice, a fines de testear su utilidad en el espacio del presente artículo, en el trabajo de tesis en curso la misma tiene una apertura mayor de cada uno de los elementos que la componen.

²¹ El gas natural sin duda es necesario para una transición ordenada a otro régimen energético, y lo es más aún para sostener la economía primaria del país, donde la agricultura y la ganadería, principales pro-

spectivas de construcción de centrales en plazos escalonados, alternativas en tecnología nuclear, la dimensión socioambiental, territorial, la geopolítica, etc.

Una propuesta fundamentada en un estudio de esta naturaleza²³ plantea un fértil terreno de discusión en el cual los sectores industrial, tecnológico y científico pueden expresar su potencial y su aporte al desarrollo del país, a la vez que excluye argumentos recurrentes pero carentes de sustento empírico (como competir por mano de obra barata o importar equipos de generación porque el país es más caro). Recordemos que en tecnologías en fases iniciales de su desarrollo la competencia no se da por costo de mano de obra, sino por la capacidad de ésta, por lo cual constituye un vector natural para un país de ingreso medio cuya única salida hacia el desarrollo e inclusión lo constituye la industrialización (Schteingart, 2014).

Una visión así, anclada en un estudio empírico, ofrece a su vez interesantes implicancias para volver a pensar las políticas industriales, tecnológicas y científicas, ya que además de las obvias –derivadas de la necesidad de articulación y un anclaje común en una estrategia selectiva de desarrollo del sector energético– aparece la cuestión política. Toda política de desarrollo requiere de sujetos que la articulen en el presente y sustenten en el largo plazo, ya que hablamos de horizontes de décadas de un rumbo sostenido. Por ende, en esta visión podemos encontrar la amalgama para construir una alianza de sectores y un rumbo común.

Conclusiones

El análisis realizado muestra que Argentina tiene un enorme potencial para impulsar un proceso de cambio estructural sobre la base de una política pública que alinee sus recursos naturales, capacidades industriales, tecnológicas y científicas. Si bien la forma y alcance de esta política excede el marco de este trabajo, se puede señalar que la misma debería tomar la forma de una transición energética que, utilizando el gas como puente, empuje una descarbonización en todos los frentes a

ductos de exportación, se basan sobre una economía energética altamente deficitaria y totalmente dependiente de los hidrocarburos. Por otro lado, la industria petroquímica y el subconsumo de gas de amplios sectores ofrecen una importante oportunidad de agregado de valor para el abundante gas de Vaca Muerta.

partir del desarrollo de diversas tecnologías renovables y los paquetes tecnológicos relacionados (medios de almacenaje de energía, entre otros) (Roger, 2019).

Estos resultados, en buena medida divergentes de la política energética del país y también de los tópicos dominantes, muestran la necesidad de repensar políticas en los sectores de energía, industria y ciencia y tecnología para aprovechar la ventana de oportunidad en curso. Esto implica construir una política energética a partir de recuperar una visión de conjunto del proceso de desarrollo del país, que en una visión estratégica defina prioridades, senderos tecnológicos y herramientas.

El presente trabajo, entonces, ha buscado ser un paso en tal dirección, y ha podido corroborar que Argentina se encuentra ante una conjunción entre un cambio en los recursos energéticos y de la tecnologías que no sucede hace, por lo menos, un siglo (la conjunción del pasaje al petróleo y la revolución de la electricidad). Hoy, el cambio hacia las renovables y la segunda revolución de la electricidad nos plantean una vez más, cual esfinge, la pregunta por el desarrollo y la inclusión. Tenemos una gran oportunidad por delante, de la respuesta que demos –mediante políticas– dependerá en buena medida el devenir de las próximas décadas del país.

Bibliografía

- Abeles, M., Címoli, M., y Lavarello, P. (Eds.). (2017). *Manufactura y cambio estructural: aportes para pensar la política industrial en la Argentina*. Libros de la Cepal, (149). Santiago de Chile: Cepal.
- Aggio, C., Verre, V., y Gatto, F. (2018). *Innovación y marcos regulatorios en energías renovables: el caso de la energía eólica en la Argentina*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: CIECTI.
- Ayres, R. U., y Warr, B. (2005, junio). Accounting for growth: the role of physical work. *Structural Change and Economic Dynamics*, 16(2), 181-209. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2003.10.003>.

Ayres, R. U., y Voudouris, V. (2014, enero). The economic growth enigma: capital, labour and te useful energy? *Energy policy*, 64, 16-28. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2013.06.001>.

BP. (2016). BP Statistical review of world energy. Recuperado de: <http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/downloads.html>.

CAMMESA. (2018). Informe anual 2017. Recuperado de: <http://www.cammesa.com>.

Chudnovsky, D., y Nagao, M. (1987). *Bienes de capital y tecnología en el tercer mundo*. Buenos Aires: Centro Editor de América Latina.

Cottrell, F. (2009). *Energy and society* (revised). USA: Editorial Authohouse.

Diamand, M. (1972). La Estructura Productiva Desequilibrada Argentina y el Tipo de Cambio. *Desarrollo Económico*, 12(45).

Fabrizio, R., y Roger, D. (2017, agosto). Política pública, energía y desarrollo: escenarios de impacto de la política energética en el empleo y la industria nacional. *Revista Industrializar Argentina*, (32). Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/331045122_POLITICA_PUBLICA_ENERGIA_Y_DESARROLLO_ESCENARIOS_DE_IMPACTO_DE_LA_POLITICA_ENERGETICA_EN_EL_EMPLEO_Y_LA_INDUSTRIA_NACIONAL.

Gaggero, A., Schorr, M., y Wainer, A. (2014). *Restricción externa. El poder económico durante el kirchnerismo*. Buenos Aires: Editorial Futuro Anterior.

García, R. (2013). *Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. México D.F.: Gedisa editorial.

Giddens, A. (1997). *Consecuencias de la modernidad*. Madrid: Editorial Alianza.

- Iñigo Carrera, J. (2017). *La renta de la tierra. Formas, fuentes y apropiación*. Buenos Aires: Imago Mundi.
- Kondratieff, N. (1926). Los grandes ciclos de la vida económica. En G. Haberler (Comp.), *Ensayos sobre el ciclo económico*. México D.F.: Fondo de Cultura Económica.
- Lambert, J., Hall, C., Balogh, S., Poisson, A., y Gupta, A. (2012). *EROI of Global Energy Resources Preliminary Status and Trends*. New York: State University of New York, College of Environmental Science and Forestry. DFID.
- Lavarello, P. (2017, julio-septiembre). El (incompleto y breve) regreso de la política industrial: el caso de Argentina 2003-2015. *Revista Problemas del desarrollo*, 190(48).
- Lévi-Strauss, C. (1969). *Antropología estructural*. Buenos Aires: Editorial Eudeba.
- Marx, K. (2004). *El Capital. Tomo III, Volumen 8*. México: Siglo XXI Editores.
- Murphy, D. J., y Hall, C. A. S. (2010). Year in review—EROI or energy return on (energy) invested. New York: Annals of the New York academy of sciences.
- Murphy, D. J., Hall, C. A. S., Dale, M., Cleveland, C. (2011). Order from Chaos: A Preliminary Protocol for Determining the EROI of Fuels. En C. A. S. Hall y D. Hansen (Eds.), *New Studies in EROI (Energy Return on Investment)*. MPDI.
- Peirano, F., Carregal, C., y Peirano, M. A. (2017). El complejo productivo de bienes de capital: entre el carácter estratégico, la expansión y los límites estructurales. En M. Abeles, M. Címoli, y P. Lavarello (Eds.), *Manufactura y cambio estructural: aportes para pensar la política industrial en la Argentina*. Libros de la Cepal, (149). Santiago de Chile: Cepal.
- Pérez, C. (2001, diciembre). Cambio tecnológico y oportunidades de desarrollo como blanco móvil. Santiago de Chile. *Revista de la Cepal*, (75).

- Pérez, C. (2004). *Revolución tecnológica y capital financiero*. México D.F.: Siglo XXI Editores.
- Pistonesi, H. (2000). *Sistema eléctrico argentino: los principales problemas regulatorios y el desempeño posterior a la reforma*. Santiago de Chile: Cepal.
- Ricardo, D. (1973). *Principios de economía política y tributación*. Madrid: Editorial Ayuso.
- Roger, D. (2019). Alternativas y propuestas para un desarrollo industrial, tecnológico y científico basado en la energía. *Revista Márgenes*, (5). En edición.
- Roger, D. (2015). Ventana de oportunidad para el desarrollo del sector eólico argentino. (Tesis de Maestría). Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/312304898_Ventana_de_oportunidad_para_el_desarrollo_del_sector_eolico_argentino.
- Romero, C. (2000). Regulaciones de las inversiones en el sector eléctrico argentino. En D. Heymann, y B. Kosacoff (Eds.), *Desempeño económico en un contexto de reformas*. Buenos Aires: Eudeba.
- Sbatella, J. A., Chena, P. I., Palmieri, P., y Bona, L. M. (2012). *Origen, apropiación y destino del excedente económico en la Argentina de la posconvertibilidad*. Buenos Aires: Ediciones Colihue.
- Schteingart, D. (2014). Estructura productivo-tecnológica, inserción internacional y desarrollo económico: hacia una tipología de senderos nacionales. (Tesis de Maestría).
- Schumpeter, J. A. (2002). *Ciclos económicos. Análisis teórico, histórico y estadístico del proceso capitalista*. Zaragoza: Prensas universitarias de Zaragoza.
- Smil, V. (2013). *Energy transitions*. California: Greenwood publishing group.

Uysal, H., Atasoy, H. T., y Bilge, U. (2017, julio). An essay on the biological origin of producing surplus value by human labor. *Journal of Bioeconomics*, 19(2), 187-199. Recuperado de: <https://doi.org/10.1007/s10818-017-9248-9>

White, L. (1959, 1964). *La Ciencia de la Cultura*. Buenos Aires: Editorial Paidós.