

EL NUEVO PARADIGMA ENERGÉTICO ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

N. Aversano

Lic. en Economía - Universidad Nacional del Sur (UNS)

nicolasaversano@yahoo.com.ar

RESUMEN: El objetivo del presente artículo es analizar las interrelaciones entre la energía y el cambio climático, para luego identificar los desafíos y oportunidades que presenta la política energética ante el nuevo escenario climático. El abordaje se efectúa desde una perspectiva sistémica que pretende incluir las distintas dimensiones de la problemática. El estudio se focaliza en las tres variables principales determinantes de las emisiones energéticas de GEIs: crecimiento económico, crecimiento demográfico y oferta de energía. Se argumenta que resulta necesaria una redefinición del modelo energético que considere aspectos fundamentales del nuevo escenario climático.

Palabras clave: energía, cambio climático, política energética, medio ambiente

INTRODUCCIÓN: Las fuentes de energía adoptadas a través del tiempo resultaron determinantes en la historia de la humanidad. La sustitución de formas de energía a lo largo del tiempo, se produjo en respuesta a los cambios en las necesidades socioeconómicas, y a la búsqueda de opciones superadoras en términos de costos y eficiencia. Se obtuvieron ganancias en productividad, se aceleró la acumulación de capital y se dio un nuevo impulso a los ciclos de crecimiento económico. Pero como contrapartida, las transformaciones energéticas que permitieron las revoluciones industriales de los siglos XVIII y XIX (utilización masiva del carbón y el petróleo), provocaron un crecimiento exponencial en las emisiones de CO₂ que se concentraron en la atmósfera y constituyen las causantes del cambio climático actual (PNUD, 2007; CDIAC, 2010). Allí radica la relevancia del tema energético en la agenda climática global, pudiéndose abordar desde la perspectiva del desarrollo sustentable en cada una de sus dimensiones: ambiental, económica, política y social.

El análisis integral de las relaciones entre el cambio climático y el sector energético, permitirá definir los criterios a considerar al momento de acordar políticas públicas, energéticas, económicas y ambientales que persigan paliar la problemática en cuestión, justificadas por los impactos actuales y previstos sobre el bienestar humano que desencadena el incremento en la temperatura terrestre promedio.

Es así como el presente artículo se propone estudiar los vínculos bidireccionales entre el sector energético y el cambio climático, para luego identificar los desafíos y oportunidades que enfrenta la política energética ante el nuevo escenario del clima.

CANALES DE IMPACTO DEL SECTOR ENERGÉTICO SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO

Si bien gran parte de las actividades humanas generan emisiones de gases efecto invernadero, no todas contribuyen en la misma proporción. Al desagregar las emisiones actuales de CO₂ por fuente (el gas que posee mayor participación en las emisiones totales), se obtiene que en el año 2005 más del 65% eran de origen energético, producto de la combustión de carbón, gas, petróleo y derivados para la generación de electricidad, calefacción, elaboración de manufacturas, construcción y transporte¹. Esa alta participación en las emisiones de GEI, indica que allí existe un vasto terreno donde focalizar las estrategias tendientes a mitigar las mismas. Sin embargo, la contribución de la agricultura y el uso de la tierra no puede ser dejada de lado, ya que en sí mismas poseen participaciones significativas, que superan algunas componentes de las emisiones energéticas. Asimismo, al momento de definir las políticas de mitigación, las estadísticas mundiales deben estar desagregadas a nivel regional para dejar en evidencia las particularidades de cada uno de los territorios.

Dentro del crecimiento de las emisiones sectoriales en un período reciente (1970 – 2004) se destaca el sector de generación de energía por resultar el que más ha incrementado sus emisiones, con un aumento destacado del 145%, duplicando el crecimiento porcentual de las emisiones generales del 70% (IPCC, 2007). Ante tal escenario, resulta útil develar si es consecuencia de un comportamiento generalizado de la economía mundial o si resulta de circunstancias particulares de alguna región o grupo de naciones. De acuerdo a los datos provistos por IEA (2002) las emisiones del sector energético se han incrementado tanto en los países desarrollados como en desarrollo. Teniendo en cuenta los distintos estadios de desarrollo en que se encuentran, los países no-Anexo I² desde 1970 experimentan una mayor tasa de crecimiento de sus emisiones energéticas, impulsadas por el crecimiento demográfico y la búsqueda de mejoras en la calidad de vida de sus ciudadanos, pero mantienen emisiones per cápita menores que los países Anexo I. Según las previsiones del mismo organismo, en las próximas décadas se profundizará dicha tendencia, de modo que poco antes de 2030 los países en desarrollo en su conjunto superarían las emisiones de CO₂ de las economías desarrolladas.

Se proseguirá con el análisis de las relaciones que subyacen a las emisiones energéticas y, por lo tanto, al cambio climático. Con tal objetivo presente se recurre a la literatura existente hasta el momento sobre la materia³, en especial a Kaya (1989) (citado en Bacon y Bhattacharya, 2007) quien plantea la identidad (1) como herramienta para analizar los determinantes de las emisiones de GEIs, la cual fue reformulada por Lee y Oh (2006) como se observa en la ecuación (2).

¹ Las emisiones energéticas comprenden principalmente las provenientes de la quema de combustibles, y en menor proporción las emisiones fugitivas, fruto de las liberaciones intencionadas o no de gases a la atmósfera en los procesos de producción, transporte, almacenamiento y consumo de combustibles.

² Grupo de países no comprometidos por el Protocolo de Kyoto para reducir sus emisiones de CO₂.

³ Consultar Kaya (1989); Dietz y Rosa (1997); Duro Moreno y Padilla Rosa (2005); Alcántara y Padilla (2005); Zilio (2007)

Con una tendencia opuesta y partiendo de niveles de IC más bajos que los Estados que componen el G8, es el sendero atravesado por las economías emergentes englobadas en la sigla BRICS (Brasil, Federación Rusa, India, China y Sudáfrica). La relevancia de tales países radica en que actualmente representan el 25% del PBI mundial (superior al 18% que sumaban en 1990) y consumen el 30% de la energía mundial (IEA, 2009). El estadio de desarrollo de tales naciones es eminentemente de “despegue” económico, con altas tasas de crecimiento, basadas principalmente en la quema de combustibles fósiles, que las ubica entre las principales emisoras de CO₂ en términos absolutos. A diferencia del aumento en la intensidad energética del resto de los países del grupo, Sudáfrica y la Federación Rusa han evolucionado de forma distinta. En el primer caso, la IC partió de niveles altos en relación al resto de los países al inicio del período, continuando con una etapa descendente que lo llevó a obtener una menor IC que los países comparables. En el segundo país, la IC se ha mantenido en un nivel constante, en razón del desmembramiento de la Unión Soviética, y de la reestructuración económica sufrida en las últimas dos décadas. Sin embargo, se puede prever que el despegue económico esperado para los BRICS, los encauce en un sendero similar de IC al del resto de las economías del grupo. Cabe señalar que aun experimentando una tendencia opuesta a los países miembros del G8, en valores absolutos China y Sudáfrica son los únicos del grupo que sobrepasaron la intensidad de carbono de Estados Unidos⁷.

Las proyecciones acerca de la evolución futura de la IC en cada una de las economías, dependerán de los supuestos asumidos en relación a la velocidad del cambio tecnológico, accesibilidad de las nuevas tecnologías, políticas implementadas, etc. Sin embargo, es factible afirmar que las tendencias del indicador a corto y mediano plazo serán divergentes para las distintas áreas económicas. La probabilidad de una convergencia internacional en la intensidad de carbono resulta hasta el momento asimilable a la de ocurrencia de convergencia en el ingreso per cápita.

Crecimiento Económico y Emisiones Energéticas

El segundo factor que impulsa el cambio climático es el crecimiento económico, el cual también posee fuertes vínculos con el consumo de energía, tomando en cuenta las conclusiones a las que arriban los estudios de Kraft y Kraft (1978), Soyta y Sary (2003) y Lee (2005), entre otros). La intensidad energética (o su inversa, la productividad energética) es el indicador empleado en la literatura para medir dicha relación, calculado como el cociente entre la energía consumida por un país y su producto bruto. Su valor puede reducirse por dos razones principales: i) modificación en la estructura productiva de la economía hacia sectores menos energo-intensivos; ii) incrementos en la eficiencia energética, aún sin producirse cambios en la estructura productiva. Este indicador posee una importancia significativa por ser uno de los utilizados para medir la dimensión económica de la sustentabilidad energética.

Si bien existen algunas discrepancias acerca del grado mutuo de afectación entre las variables, la posición mayoritaria esgrime lo siguiente: en las primeras etapas de desarrollo de un país, en los países categorizados como de ingreso bajo o medio⁸, su intensidad energética se verá incrementada al optar por fuentes de energía más accesibles en términos de costos, pero a la vez más ineficientes en razón de su rendimiento. Sin embargo, no es posible afirmar que la relación entre el consumo de energía y el crecimiento económico se enmarca en una ley universal e única. Depende de las características particulares del territorio como: el sendero histórico de desarrollo, cuestiones institucionales, sociales, económicas, geográficas y climáticas, recursos naturales disponibles y patrones de transporte (Nakićenović, N., Grubler, A.; 1996).

La tendencia deseable del indicador es la que indica un aumento de la productividad energética, es decir, lograr utilizar menor cantidad de energía por unidad de PBI, desacoplando el crecimiento económico del consumo energético. Existen discrepancias entre los especialistas acerca de la posibilidad de lograr tal desacople, defendiendo una u otra de las siguientes posiciones: 1) es necesario enfrentar un sendero en forma de “U invertida”; 2) es posible encontrar un atajo o hacer un túnel, evitando atravesar la porción más alta de la curva (Bouille, 2004).

De acuerdo a las estadísticas recopiladas por Nakićenović (1996), un seguimiento del recorrido histórico del indicador en economías avanzadas como EE.UU. y Japón, indica que en términos gráficos trazan una forma semejante a una “U invertida”, configurando la tendencia descrita en el párrafo anterior. Además, el nivel máximo de intensidad energética alcanzado por las curvas de cada país es mayor en las economías de desarrollo temprano (primeras en crecer luego de la segunda revolución industrial) que en las subsiguientes, como en el caso de India. Las razones de tal desempeño residen en que los países que tienen la oportunidad de utilizar tecnologías implementadas previamente en otras naciones, cuentan con los beneficios de una curva de aprendizaje descendente, en el sentido de poder acceder a las mismas tecnologías, o incluso a versiones superadoras, a menores costos. Resulta, por lo tanto, el acceso a tecnologías más eficientes la causa fundamental del descenso en los máximos alcanzados de intensidad energética.

Por otro lado, analizando la información disponible en WRI (2010), se evidencia que desde 1990 la tendencia de la intensidad energética a nivel mundial ha sido descendente, en virtud de los esfuerzos de países de ingreso alto, así como de economías emergentes como China, India, Sudáfrica y Brasil. Tal desempeño puede evaluarse, en principio, como positivo ya que constituye una señal acerca de la factibilidad de continuar un sendero de crecimiento progresivamente más eficiente (en términos de energía consumida), que a su vez amplíe las oportunidades de desarrollo, evitando caer en una decisión que implique un *trade-off* entre crecimiento económico y protección ambiental. Sin embargo, la disminución del consumo de energía por unidad de producto debe ser acompañada por un descenso de la magnitud absoluta de consumo energético, para evitar que el mismo conlleve a emisiones de GEIs crecientes.

Población y Emisiones Energéticas

Luego de haber analizado dos determinantes del cambio climático que podrían ubicarse del lado de la producción u oferta (mix energético y crecimiento económico), como ésta se lleva a cabo con la finalidad del consumo, se evaluará lo que sucede del lado de la demanda, haciendo mención a las variables poblacionales impulsoras de la demanda de energía y, por lo tanto, de las emisiones energéticas y del fenómeno en cuestión. Así, se estará considerando la dimensión social del problema.

⁷ Según las estadísticas obtenidas de WRI (2010), la Intensidad de Carbono de Estados Unidos en 2005 fue de 2,50, de China 3,25 y de Sudáfrica 2,64.

⁸ De acuerdo a la clasificación propuesta por el Banco Mundial en 1997, se consideran de ingreso bajo los países que en 1995 poseían un PBN per cápita menor a USD 765, de ingreso mediano entre USD 766 y USD 9385, y de ingreso alto cuando superaban tal rango.

Al ser la energía un insumo esencial para satisfacer gran parte de las necesidades humanas, el desempeño energético no es indiferente a las tendencias poblacionales. El crecimiento poblacional ininterrumpido de las últimas décadas, se tradujo en una mayor demanda de energía, tanto en términos absolutos como per cápita, ya que su consumo ha crecido más rápidamente que la población, en base a las estadísticas publicadas por EIA (2010). Mientras que la tasa de variación del consumo energético fue del 70,7% en el período 1980-2007, la población mundial aumentó un 48,5%.

El desempeño del indicador en este caso tampoco resultó homogéneo para los distintos países. Por un lado, en dirección opuesta a la tendencia mundial, los habitantes de Estados Unidos recortaron consumo energético promedio. Mientras tanto, el resto de los países de la muestra seleccionada anteriormente (Francia, Sudáfrica, Brasil, India y China), superaron el crecimiento promedio mundial del indicador. En el grupo de los BRICS en particular se identifican diferencias, ya que si bien Brasil y Sudáfrica registraron aumentos importantes, en el caso de India y China, el primero estuvo cerca de duplicar sus niveles de consumo promedio, y el segundo superó esta línea, como consecuencia de la estrategia de crecimiento económico implementada en estas naciones.

A pesar de la presión sobre el consumo de energía que ejerció el crecimiento demográfico, una variable que contrarrestó ese impulso fue el aumento de la densidad poblacional y la urbanización de los territorios en economías de distintos niveles de ingreso, ya que la aglomeración urbana ha permitido reducir las distancias recorridas y, en consecuencia, el consumo de combustibles fósiles (CEP, 2008).

La estructura familiar y la distribución de los hogares también pueden identificarse como determinantes de la demanda de energía. En primer lugar, un incremento en el número de hogares habitados como resultado no solo del crecimiento en el número de habitantes, sino también en función de la tendencia ascendente de constituir familias unipersonales (“*single-families*”) y familias multi-hogar, que habitan alternadamente una propiedad adicional (con propósito de descanso por ejemplo), conducen a un mayor uso de energía y de emisiones per cápita (CEP, op. cit.).

En cuanto a las proyecciones en torno al consumo de energía, es de esperar que de proseguir la tendencia al crecimiento demográfico superior en países de mediano y bajo ingreso, esta variable crecerá a mayor velocidad en comparación al aumento que se experimentaría si ello ocurriese en países de altos ingresos, en razón de la brecha existente en el consumo de naciones de distinto estado de desarrollo⁹. Según los cálculos de EIA (2007), el ritmo de crecimiento de la demanda de energía en los países en desarrollo será del 3% anual hasta 2020, mientras que en los más industrializados será de 0,9%. De mantenerse constante el consumo per cápita actual, el incremento poblacional esperado del 20% para el año 2030 (Naciones Unidas, 2010) se traducirá en aumentos de igual cuantía en el consumo de energía y en mayores emisiones de GEIs, de no existir cambios significativos en las estructuras productivas. El consumo per cápita debería disminuir a un mayor ritmo que el correspondiente al crecimiento demográfico para reducir su impacto ambiental.

Finalmente, una variable poblacional con dificultades de medición pero determinante al fin del uso de energía es la conducta humana o, en particular, los hábitos de consumo. La cultura de las naciones surge aquí como un factor significativo generalmente menospreciado en la literatura sobre la temática en cuestión. Ocurre que una cultura que podría categorizarse como “austera”, una “consumista” o una “ecológicamente responsable”, tendrán asignados distintos niveles preferidos de consumo energético.

IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL SECTOR ENERGÉTICO

En el apartado anterior se han profundizado los canales a través de los cuales la energía impacta en el cambio climático. Sin embargo, las vías de afectación son bidireccionales, es decir, que este cambio global incidirá en el desempeño energético. A continuación, se identificarán los medios por los cuáles se producen dichos impactos, desglosándolos en efectos directos e indirectos, estando los primeros estrechamente relacionados con las variaciones en las condiciones climáticas.

Impactos Directos

▪ *Consumo de energía para calefacción y refrigeración:*

El aumento en la temperatura promedio del planeta afectará la demanda residencial de energía, generando dos efectos contrapuestos. De Cian et. al. (2007) identifica por un lado el “efecto calefacción” (*heating effect*), consecuencia de la reducción de energía necesaria para calefacción, y el “efecto refrigeración” (*cooling effect*) referido al incremento en el consumo energético destinado a enfriamiento. La relación entre dichos efectos y las variaciones en la temperatura dependen de la ubicación geográfica (teniendo en cuenta que un aumento de temperatura en una región fría permitirá un ahorro energético en calefacción, mientras que en una región cálida exigirá un consumo mayor para refrigeración) y la estación del año en que se produzcan (un ascenso en la temperatura invernal producirá un descenso en la demanda para enfriamiento, mientras que de ocurrir en el verano impulsará el consumo de energía para enfriamiento). Según el mismo estudio el resultado total de ambos efectos depende de la temperatura de cada región: mientras que para los países de bajas temperaturas provocará un descenso en la demanda de energía, para los de temperatura media se mantendrá constante, y en el caso de los países cálidos el consumo energético se incrementará. Mayores estudios serán necesarios para corroborar el efecto neto.

▪ *Producción de energía:*

Las modificaciones proyectadas en la intensidad y variabilidad de las precipitaciones alterarán los caudales de los ríos, y por lo tanto incidirán en la generación de energía hidroeléctrica. Para ilustrar tal situación, cabe citar el caso particular de Argentina, donde a la menor disponibilidad de agua en la Región Andina (desde Comahue hasta San Juan) por la reducción de las precipitaciones, se le sumará la mayor demanda impulsada por los aumentos de temperatura e irrigación en la agricultura, lo cual reducirá el caudal utilizado para la generación de electricidad a partir de represas hidroeléctricas en Comahue y Cuyo (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, 2006). A su vez, la producción de energía nuclear también será afectada por el aumento esperado en la temperatura de los ríos, ya que si el agua de estos supera cierto

⁹ Según las proyecciones de Naciones Unidas (2010), el crecimiento poblacional en el período 2010-2030 será del 3,59% en los países más desarrollados, mientras que en las naciones menos desarrolladas será del 23,91%.

umbral térmico no alcanza a refrigerar las instalaciones de las centrales en forma adecuada, como sucedió en Francia durante la ola de calor de 2003 (Stern, 2007).

▪ *Seguridad del abastecimiento energético (en producción y transporte):*

El incremento previsto en la frecuencia e intensidad de los eventos climáticos peligrosos (tormentas, tornados, precipitaciones extremas, etc.) analizado en la primera sección, amenazan la seguridad del abastecimiento energético, por ocasionales daños en las centrales proveedoras y en la infraestructura de distribución (al soportar elevadas temperaturas) que desembocarán en cortes en el suministro. En dicho contexto de vulnerabilidad del sistema de abastecimiento energético, resultan más proclives a sufrir daños los sistemas centralizados, en comparación con alternativas más descentralizadas que incluyan la cogeneración de energía en el sector industrial, residencial y público.

Impactos Indirectos

▪ *Políticas Ambientales:*

Se pueden llevar a cabo de forma unilateral o fruto de cooperación internacional en el marco de acuerdos globales. Considerando la relevancia del sector energético como determinante de las emisiones de GEIs, las políticas de adaptación y mitigación del cambio climático buscarán la eficiencia energética, la reducción de la demanda de energía y la conversión hacia una matriz libre (o al menos con niveles bajos) de carbono. Los instrumentos de política seleccionados para tales objetivos deberán alterar correctamente los incentivos existentes en el mercado, pudiendo incluir:

- Impuestos a las emisiones de carbono o al consumo de combustibles fósiles (al estilo “carbon tax”);
- Subsidios a la producción, consumo e investigación en energías renovables;
- Desgravaciones fiscales para este tipo de energías;
- Financiación de proyectos que reduzcan emisiones de carbono;
- Cupos a las emisiones de GEIs.

▪ *Precios relativos de los combustibles:*

Las decisiones de política ambiental citadas anteriormente, alterarán los patrones de consumo de energía, produciendo cambios en los precios relativos de las fuentes energéticas. Ello desencadenará por un lado efectos macroeconómicos y fiscales, especialmente en los países importadores que en principio verán alterada su balanza comercial, y también microeconómicos, al modificar las decisiones de inversión en razón de las variaciones en los precios (CEPAL-GTZ, 2008).

▪ *Aceleración de Cambios Tecnológicos:*

Las políticas de mitigación generarán incentivos que impulsarán el desarrollo de tecnologías energéticas más eficientes. El avance en las investigaciones reducirá los costos de producción de las nuevas técnicas (efecto *learning by doing*), otorgando viabilidad a proyectos de inversión que permitan renovar el sector energético (CEPAL-GTZ, op. cit.). La celeridad de dichos procesos dependerá de la importancia que reciba en los presupuestos públicos y privados la partida *I+D*.

▪ *Fuentes de financiamiento:*

En los últimos años han surgido diversas alternativas de financiamiento focalizadas en proyectos energéticos que protejan el medio ambiente, incentivando la producción de energías alternativas a las originadas en combustibles fósiles. Entre ellos pueden citarse los mecanismos creados a partir del Protocolo Kyoto y los “Climate Investment Funds” promovidos por el Banco Mundial. De aumentar la accesibilidad a herramientas de financiamiento como las citadas, y de reducirse su costo, se acelerará la reconversión de las matrices energéticas.

▪ *Presiones comerciales:*

En las negociaciones comerciales, un nuevo motivo de presión podría encontrarse en el no cumplimiento de ciertos parámetros ambientales por parte de algunos países. Estos serían juzgados por la comunidad internacional como *free-riders*, al mantenerse en una situación de menores costos relativos y, por lo tanto, tomadores de una ventaja competitiva en el intercambio global (CEPAL-GTZ, op. cit.).

▪ *Mayor conciencia ambiental:*

De continuar profundizándose la tendencia a la protección del medio ambiente por parte de los ciudadanos, aumentará su disposición a pagar por energías limpias, reduciéndose la diferencia entre éstas y los combustibles fósiles. Así, contribuiría a ampliar el mercado de las fuentes alternativas. De la misma manera, las preferencias de la población se concretarán en demandas políticas que presionarán a los gobiernos al momento de tomar decisiones en torno a la planificación energética o al negociar con corporaciones internacionales ligadas a los combustibles fósiles.

DESAFÍOS DE POLÍTICA ENERGÉTICA ANTE EL NUEVO ESCENARIO CLIMÁTICO

Las revoluciones industriales pasadas significaron, en definitiva, profundas revoluciones energéticas y marcaron un quiebre en las emisiones de GEIs y, por lo tanto, en las tendencias climáticas. Para revertir tal tendencia y contener el avance del cambio climático resulta necesaria una modificación sustancial en las emisiones globales, lo cual se traduce en una ineludible revolución energética en la base. A su vez, replantear el modelo energético exige repensar los paradigmas existentes en la materia, e insta a un análisis profundo de cada uno de los encadenamientos que componen el sistema, desde la etapa de generación hasta el consumo, incluyendo las externalidades positivas y negativas generadas hacia fuera del circuito productivo. Además, por las características particulares del sector, un cambio de tal magnitud en el mismo implica llevar adelante transformaciones significativas en las estructuras productivas, al ser la energía su motor primero.

El objetivo a alcanzar implicaría migrar hacia una matriz energética baja en carbono que dé lugar al surgimiento de una nueva economía que podría categorizarse como “*low carbon economy*”. Frente a dicho cometido, existen algunos tópicos a considerar para poder concretarlo.

▪ *Política energética sistémica:*

Teniendo en cuenta las interacciones que presenta el subsistema energético con el económico, el social, el político y el natural, la elaboración de una estrategia energética debe tener un carácter sistémico, en el sentido de incluir las afectaciones mutuas que produce y recibe de su entorno, para promover el desarrollo sustentable.

- *Eficiencia energética:*

Mantener o incrementar el nivel de producción con una misma cantidad de energía es una estrategia posible y eficaz para profundizar el sendero de desarrollo sin descuidar los impactos ambientales. Incrementar la eficiencia energética, en los distintos niveles de las cadenas productivas, equivale a reducir el consumo energético, liberando energía que puede resultar útil para un nuevo uso.

- *Diversificación de fuentes de energía:*

La alta dependencia hacia los combustibles fósiles en la matriz energética mundial, con los consiguientes impactos sobre el ambiente, constituyen señales de alerta para implementar políticas que promuevan la diversificación de la oferta de energía, a partir de la incorporación de fuentes alternativas sustentables. Además de permitir disminuir la dependencia hacia pocas fuentes y de esta forma diversificar el riesgo, existe la posibilidad de crear nuevos empleos ligados a la investigación y producción de energías renovables, conocidos como “empleos verdes” (*green jobs*).

- *Seguridad en abastecimiento y descentralización:*

Una de las características deseadas de un sistema energético es la seguridad que brinda en el abastecimiento. Si este depende de la importación de combustibles, su normal provisión estará sujeta a diferentes condiciones técnicas, pero sobre todo a negociaciones económico-políticas. De incorporarse a la matriz fuentes alternativas, seleccionadas de acuerdo a los recursos naturales y técnicos poseídos, es posible encontrar opciones que permitan disminuir la dependencia externa¹⁰. Además en algunos casos, como en la energía eólica y solar, se logrará aumentar el número de centrales proveedoras y descentralizar el abastecimiento, lo cual aumenta también la seguridad en la provisión, al no existir grandes conglomerados poblacionales dependiendo de un sistema energético centralizado que resulta más vulnerable para con los impactos del cambio climático.

- *Políticas de adaptación y mitigación:*

Una parte fundamental de los acuerdos climáticos la constituyen las políticas de adaptación y mitigación de emisiones de GEIs. Dentro de ese marco, el sector energético cobra un rol protagónico considerando su participación en las emisiones y su potencial de mitigación. Entre las posibles políticas de adaptación y mitigación se pueden señalar: reducción del consumo de combustibles fósiles, mejora de la eficiencia energética, migración hacia tecnologías de menores emisiones, captación y almacenamiento de CO₂, reducción de subsidios a combustibles de origen fósil, y reemplazo de estos por impuestos al carbono emitido por los mismos (IPCC, 2007). Si bien la implementación de las políticas tiene costos asociados, éstos podrán ser compensados, al menos parcialmente, por los beneficios directos y los cobeneficios que acarrea (por ejemplo la menor contaminación del aire produciría mejoras en la salud, con el consiguiente ahorro de los costos hospitalarios). Como las estructuras de costos de las políticas son diferentes en cada uno de los países, es importante dotar de flexibilidad a los instrumentos de adaptación y mitigación en cuanto al sector involucrado, el tiempo y el lugar de implementación, para que la reducción de emisiones se lleve a cabo a los costos más bajos posibles, seleccionando las opciones de menor costo marginal de reducción.

- *Micro y macroconductas:*

Considerando que una de las clasificaciones básicas de la teoría económica propone separar la micro y la macroeconomía según el nivel de agregación del objeto de estudio, y teniendo en cuenta la relevancia de la conducta de los agentes en los procesos económicos, se podría aplicar la misma separación a las conductas, separando las “microconductas” (conductas de los agentes del menor nivel de agregación, individuos, familias y empresas) de las “macroconductas” (conductas institucionales de países y sectores económicos principalmente). Ambos grupos no constituyen compartimentos estancos, sino que se afectan mutuamente: por un lado, las microconductas replicadas en agrupamientos significativos de agentes pueden modificar las macroconductas, mientras que estas últimas suelen constituir un marco dentro del cual se definen las primeras. En la temática energética es posible identificar ejemplos de ambas clases de conductas, que deberían ser tomadas en consideración al momento de definir las políticas a fin de poder modificarlas. Casos simples de microconductas: decisiones acerca de la forma de transporte (auto vs. bicicleta), tipo de lámparas para iluminación (incandescentes o de bajo consumo), compra de electrodomésticos (según señalización de eficiencia). Casos de macroconductas: marco de incentivos y barreras existentes hacia la importación, exportación, inversión, generación y consumo de energía, I+D, entre otros.

- *Marco institucional y regulación:*

Ambos pueden categorizarse como macroconductas. Las “reglas de juego” (definición de instituciones realizada por North, 1990) determinan el espacio en el que se desempeñan las conductas, incluyendo las energéticas y ambientales. De contar con instituciones y regulación inadecuadas o insuficientes, especialmente en el contexto de altos costos de transacción, información asimétrica y bienes públicos, los resultados obtenidos en ambos terrenos pueden distar de los deseados.

- *Inversiones y desarrollos tecnológicos:*

Resultan imprescindibles las inversiones tanto en capital físico como intelectual en pos de modificar el mix energético. Las primeras permitirían modificar directamente la estructura del sistema mientras que las segundas lo harían indirectamente, a través del impulso de las innovaciones tecnológicas por la vía de la I+D. En este contexto, dada la restricción financiera que enfrenta gran parte de los países, serán decisivas las herramientas de financiamiento disponibles. El acceso a los últimos desarrollos tecnológicos no resulta una cuestión menor, teniendo en cuenta que son estos los que en definitiva otorgan impulso al crecimiento económico¹¹, como indican los diversos modelos de crecimiento.

- *Barreras:*

Frente a la reconversión necesaria de la matriz energética, existen algunas limitaciones actuales o potenciales que podrían dilatar el proceso. Es así como pueden señalarse las siguientes barreras:

- *Tecnológica-económica:* las fuentes de energía a partir desarrollos tecnológicos recientes poseen, en general, un mayor precio que los combustibles fósiles. Sin embargo, los altos costos de las nuevas tecnologías serán reducidos paulatinamente por el accionar del proceso de *learning by doing*, lo cual fomentará la difusión de las nuevas tecnologías.

¹⁰ Entre los beneficios adicionales de la sustitución de combustibles importados puede señalarse la mejora en la balanza comercial.

¹¹ Un factor explicativo común a la mayor parte de los modelos presentes en la literatura del crecimiento económico resulta la tecnología.

- Política: el horizonte electoral de los gobiernos se encuentra acotado al corto plazo, lo cual genera un efecto de miopía al formular políticas de largo plazo como las relacionadas al clima y la energía, ya que los beneficios se manifestarían en gestiones posteriores quienes serían asociadas con éstos resultados.
- Financiera: existencia de recursos escasos para cubrir múltiples necesidades, especialmente en países de medianos y bajos ingresos, evidencian la necesidad de financiamiento para llevar a cabo las reformas planteadas, con el agravante de que existen necesidades insatisfechas estrechamente relacionadas a la calidad de vida de la población que podrían establecerse como prioritarias, amenazando con dejar la temática energética y climática fuera de la agenda política y de la asignación de partidas presupuestarias.
- Cultural: los usos y costumbres pueden retrasar la efectividad de las modificaciones necesarias para paliar la problemática. A su vez, la inercia de permanecer en las mismas conductas, la ignorancia sobre sus consecuencias, y la falta de interés sobre ello ponen en riesgo la viabilidad de las políticas (Stern, N., 2007).
- Corporativa: las industrias existentes suelen ser defendidas en relación a las industrias incipientes porque han tenido la oportunidad de establecer lazos con los gobiernos, los cuales prefieren no arriesgarse a nuevos negocios sino proteger los existentes. Esto iría en desmedro de las nuevas fuentes de energía.

Se han mencionado solo algunas de las cuestiones a incluir dentro del planteo de un nuevo paradigma energético. De pretender la sustentabilidad del sistema y en especial su bajo nivel de emisiones, todo proyecto en tal sentido deberá poseer un carácter sistémico, que considere los tópicos anteriormente enumerados, habiendo identificado los impactos cruzados que genera hacia el resto de los sectores, y hacia el medio circundante.

CONCLUSIONES

La comunidad internacional no puede hacer caso omiso del consenso abrumador en torno al cambio climático actual, ni de la responsabilidad del hombre en dicho proceso, por la significatividad de los impactos previstos ya sea que se analicen desde una perspectiva ambiental, económica, política, social o ética.

Ante la multiplicidad y profundidad de dichas consecuencias, los países pueden optar entre aceptar el *status quo* o implementar políticas de adaptación y mitigación como lo han hecho algunos de ellos a partir del Protocolo de Kyoto. En el primer caso, la concentración atmosférica de GEIs proseguirá su ritmo de crecimiento, con el consecuente incremento de la temperatura promedio del planeta y sus impactos asociados. Mientras que en el segundo caso se perseguiría la estabilización de las emisiones conteniendo así el efecto invernadero. Sin embargo, considerando el carácter global del fenómeno, solo una estrategia que incorpore al conjunto de naciones y sea flexible en su implementación podrá ser eficaz.

Se ha demostrado que así como fueron los cambios en la formas de energía los que mayormente impulsaron las modificaciones en el estado del clima, el sector resulta clave en las estrategias que tengan como objetivo revertir las tendencias actuales. Ello se debe a que se relaciona con variables destacadas en la determinación de las emisiones de GEIs: el crecimiento económico, la expansión demográfica y la composición de la matriz energética. Si bien el resto de las fuentes impulsoras deben incluirse en la agenda política, las acciones focalizadas en las tres causas citadas obtendrían en principio una mayor reducción de emisiones.

Asimismo, se han estudiado las interacciones existentes entre el cambio climático y el sector energético, demostrándose que existen vastos canales de afectación. Éstos deberían ser considerados al momento de planificar reformas en el sector y acciones de mitigación de emisiones, teniendo presente la incidencia que tienen ambos elementos en la calidad de vida de la población.

La profundidad de las transformaciones necesarias para alcanzar un modelo energético sustentable y, en especial, con un bajo nivel de emisiones, implicarán una verdadera revolución del sector que incidirá en la estructura productiva de los países, teniendo en cuenta los eslabonamientos que genera. Si bien el cambio tecnológico resulta clave en este proceso, lo mismo sucede con la conducta humana, por lo cual ambos deberían posicionarse como variables centrales en la estrategia de mitigación.

Finalmente, ante el desafío climático – energético planteado surgirán barreras que dificultarán su resolución, algunas de las cuales se enumeraron en la última sección. Sin embargo, éstas no deberían dilatar la implementación de las reformas pendientes sino que deberán ser sorteadas a partir del perfeccionamiento de los próximos acuerdos climáticos, los cuales resultarán claves para el bienestar futuro de la sociedad.

REFERENCIAS

- ÁLCANTARA, V. y PADILLA, E. (2005). *“Análisis de las Emisiones de CO2 y sus Factores Explicativos en las Diferentes Áreas del Mundo”*. Departamento de Economía Aplicada, Universidad Autónoma de Barcelona. España.
- AVERSANO, N. Y TEMPERINI, T. (2006). *“El Calentamiento Global. Bonos de Carbono, una Alternativa”*.
http://www.ingenieriaquimica.org/system/files/bonos_carbono.pdf
- BACON R. W., BHATTACHARYA S. (2007) *“Growth and CO2 Emissions. How Do Different Countries Fare?”*. Environment Department Papers. Banco Mundial.
- BOUILLE, D. (2004). *“Economía de la Energía”*.
- BP (2009). *“Statistical Review of World Energy 2009”*.
- CDIAC [CARBON DIOXIDE INFORMATION ANALYSIS CENTER] (2010). Energy Statistics
http://cdiac.ornl.gov/trends/emis/tre_glob.html
- CEP [CENTER FOR ENVIRONMENT AND POPULATION] (2008). *“U.S. Population, Energy and Climate Change”*.
- CEPAL - GTZ (2008). *“Energía y Cambio Climático: Oportunidades para una Política Energética Integrada en América Latina y el Caribe”*. Naciones Unidas. Santiago de Chile, Chile.
- DE CIAN, E., LANZI, E., ROSON, R. (2007). *“The Impact of Climate Change on Energy Demand: a Dynamic Panel Analysis”*. Working Paper N° 10. Centro Euro-Mediterráneo per I Cambiamenti Climatici.

- DIETZ, T. y ROSA, E.A. (1997). "Effects of Population and Affluence on CO₂ Emissions". Proceedings of the National Academy of Sciences USA 94.
- DURO MORENO, J.A. y PADILLA ROSA, E. (2005). "Análisis de los Factores Determinantes de las Desigualdades Internacionales en las Emisiones de CO₂ per Capita Aplicando el Enfoque Distributivo: Una Metodología de Descomposición por Factores de Kaya". PT 25/05. Instituto de Estudios Fiscales.
- EIA [ENERGY INFORMATION ENERGY] (2007) "International Energy Outlook 2007". Washington, DC, EE.UU.
- IEA (2002). "Beyond Kyoto. Energy Dynamics and Climate Stabilisation". París, Francia.
- IEA (2009a). "CO₂ Emissions from Fuel Combustion. Highlights". París, Francia.
- IEA (2009b). "Key World Energy Statistic". París, Francia.
- IPCC (2007) "Cambio Climático 2007: Informe de Síntesis". IPCC. Ginebra, Suiza.
- KAYA, Y. 1989. "Impact of Carbon Dioxide Emission Control on GNP Growth: Interpretation of Proposed Scenarios". Energy and Industry Subgroup, Response Strategies Working Group, Intergovernmental Panel on Climate Change, París, Francia.
- KRAFT, J. AND KRAFT, A. (1978), "On the Relationship between Energy and GNP". Journal of Energy and Development, vol. 3, pp. 401-403.
- LECOCQ, F., ZMARAK, S. (2007) "How Might Climate Change Affect Economic Growth in Developing Countries?". World Bank.
- LEE, C-C (2005), "Energy consumption and GDP in developing countries: A Cointegrated Panel Analysis". Energy Economics, vol. 27, pp. 415-427.
- NACIONES UNIDAS (2010). "World Population Prospects: The 2008 Revision". Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations.
- NAKIĆENOVIĆ, N., GRÜBLER, A. (1996). "Energy and The Protection of the Atmosphere". International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Austria.
- NORTH, D. C. (1990). "Institutions, Institutional Change and Economic Performance". Cambridge University Press. New York.
- OLADE – CEPAL – GTZ (1997). "Energía y Desarrollo Sustentable en América Latina y el Caribe. Enfoques para la Política Energética. Quito, Ecuador.
- OLADE – CEPAL – GTZ (2003). "Energía y Desarrollo Sustentable en América Latina y el Caribe. Guía para la Formulación de Políticas Energéticas". Naciones Unidas. Santiago de Chile, Chile.
- PNUD (2004). "UNDP and Energy for Sustainable Development". Energy and Environment Group. Nueva York, Estados Unidos.
- PNUD (2007). "Informe sobre Desarrollo Humano 2007-2008. La lucha contra el cambio climático: Solidaridad frente a un mundo dividido". Naciones Unidas.
- ROCA, J. y PADILLA, E. (2004). "Emisiones atmosféricas y crecimiento económico en España: la curva de Kuznets ambiental y el Protocolo de Kyoto". Economía Industrial, N° 351. España.
- ROSA, L. P. y RIBEIRO, S. (2001). "The Present, Past and Future Contributions to Global Warming". Volume 48, Numbers 2-3 / febrero de 2001. Springer Netherlands.
- SECRETARÍA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE DE LA NACIÓN (2006) "Segunda Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático". Rep. Argentina.
- SOYTAS, U. y SARI, R. (2003), "Energy Consumption and GDP: Causality Relationship in G-7 Countries and Emerging Markets," *Energy Economics*, vol. 25, pp. 33-37.
- STERN, N. (2007) "El Informe Stern. La Verdad del Cambio Climático". Ed. Paidós. Madrid, España.
- WRI [WORLD RESOURCES INSTITUTE] (2010). "Climate Analysis Indicators Tool (CAIT). Version 7.0". Washington, DC.
- ZILIO, M. I. (2007). "Determinantes de las Emisiones de Dióxido de Carbono en América Latina". AAEP.

ABSTRACT: This article aim to analyze the links between energy and climate change, to identify challenges and opportunities for energy policy in front of a new climate situation. A systemic perspective is used to include the variety of dimensions of this issue. The focus of the study is on the main variables which determine energy emissions: economic growth, population growth and energy supply. It is argued that it is need a redefinition of energy model to take into account fundamental aspects of the new climate situation.

El abordaje se efectúa desde una perspectiva sistémica que pretende incluir las distintas dimensiones de la problemática. El estudio se focaliza en las tres variables principales determinantes de las emisiones energéticas de GEIs: crecimiento económico, crecimiento demográfico y oferta de energía. Se argumenta que resulta necesaria una redefinición del modelo energético que considere aspectos fundamentales del nuevo escenario climático.

Keywords: energy, climate change, energy policy, environment.