

CONTRIBUCIÓN DE LAS FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA PARA LA SEGURIDAD ENERGÉTICA EN AMÉRICA LATINA

María Cristina Vallejo¹.

Introducción²

El propósito de este análisis es evaluar la viabilidad de diversos escenarios energéticos para América Latina, a fin de identificar condiciones que permitan garantizar la seguridad energética regional en un marco de sostenibilidad.

Existe un importante acervo de fuentes energéticas en la región, que se halla distribuido en forma desigual, por lo que, muchas economías se abastecen a partir de la importación de energía. La mayor parte constituyen fuentes de energía fósil (petróleo, gas natural y carbón mineral), que se hallan supeditadas al vaivén de las crisis, las tensiones y los conflictos internacionales; y más aún, restringidas por su condición de agotamiento irreversible. El crecimiento económico reciente que ha experimentado América Latina³ –un promedio anual de 5,1% entre 2000 y 2010 en términos per cápita y en dólares PPP (Banco Mundial, 2011)– también supone un reto importante en términos del abastecimiento energético de la región. En estas condiciones, interesa analizar en este documento las principales directrices de la política pública que pueden contribuir a garantizar la seguridad energética de América Latina.

En particular, se analizan dos líneas de acción tendientes a promover la seguridad energética regional. La primera tiene que ver con esfuerzos individuales de las economías por la diversificación de sus fuentes energéticas hacia recursos renovables. La segunda estrategia, en cambio, se enfoca en un proceso de integración regional. Son elementos comunes en ambas líneas de acción: la promoción de la eficiencia en el uso de recursos energéticos, la reducción en la escala de uso y la minimización de los efectos ambientales.

El argumento central que sirve de base para comparar estas estrategias es que en un marco de distribución desigual de recursos energéticos, una estrategia aislada de diversificación no es suficiente para garantizar la seguridad

¹ María Cristina Vallejo es Doctora en Economía del Desarrollo, especializada en Economía Ecológica. Es profesora e investigadora de la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, FLACSO - Sede Ecuador. Dirigir correspondencia a mvallejo@flacso.org.ec

² La autora agradece la colaboración de Miguel Garcés, becario del Programa de Economía de FLACSO Ecuador.

³ En este trabajo se consideran los siguientes países Latinoamericanos: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Uruguay y Venezuela.

energética de la región. Un esquema de integración en bloques regionales puede contribuir de mejor forma a la seguridad energética, conforme las posibilidades de cooperación factibles en la dimensión geopolítica y las restricciones que determina un marco de sostenibilidad.

A fin de evaluar estas cuestiones, en este documento se contrastan tres escenarios de desarrollo energético para la región: uno tendencial, otro de diversificación y un tercero de integración. En base a las trayectorias históricas, con cifras desde 1970 hasta 2010, se proyectan estos escenarios a mediano plazo (hasta el año 2030) y a largo plazo (hasta el año 2100). Esta información permite construir balances energéticos, a partir de los cuales se analizan las condiciones de seguridad energética de la región latinoamericana.

Este documento se encuentra estructurado en cuatro secciones. Luego de esta introducción, en la primera sección se presenta un diagnóstico de la situación energética regional desde una perspectiva histórica. Este diagnóstico permite obtener algunas conclusiones en torno a la incidencia de esta realidad en las condiciones de seguridad energética regional. En la segunda sección se analizan los principales factores que pueden afectar la seguridad energética y su sostenibilidad. En la tercera sección se plantean posibles escenarios de corto, mediano y largo plazo para una transición energética de la región y se analiza su viabilidad. Finalmente, en la última sección se presentan las conclusiones del estudio.

1. Situación energética a nivel regional

En un reciente número de la Revista Enerlac de OLADE, Oxilia y Luna (2011), sostienen que América Latina y el Caribe tienen un rol geopolítico estratégico frente a las grandes potencias económicas que demandan recursos energéticos. Es que la región dispone de abundantes reservas de petróleo y carbón mineral, además de un considerable potencial energético en gas natural, hidroelectricidad y otras fuentes renovables de recursos. En estas condiciones, existe una importante complementariedad en las fuentes energéticas, suficiente para garantizar la seguridad energética de la región y sustentar también la demanda externa. No obstante, la desigual distribución de los recursos entre los países latinoamericanos constituye un significativo limitante para potenciar este rol estratégico de la región.

América Latina dispone del 23% de las reservas mundiales de petróleo crudo, que conforme cifras de la OPEC (2011) ascienden a 1,47 mil millones de barriles, de modo que como región se encuentra posicionada en el segundo lugar a nivel mundial por la disponibilidad de este recurso, después del Medio

Oriente, que dispone del 54% de las reservas del mundo. De estas reservas regionales cerca del 90% se encuentran concentradas en Venezuela.

Las reservas de gas natural y carbón mineral de América Latina y el Caribe son menos significativas a nivel internacional. Esta región dispone del 4% del total de reservas mundiales de estos combustibles fósiles, que ascienden a 192.549 Gm³ (mil millones de m³) de gas natural (OPEC, 2011) y 861 mil millones de TM de carbón mineral (BP, 2011). También en este caso, las reservas se hallan altamente concentradas: el 73% del gas natural de la región se encuentra en Venezuela, y el 77% del carbón mineral en Brasil.

Sobre las energías renovables, el principal potencial se registra en la hidroenergía. El potencial hidroeléctrico de la región es de 650 GW, y el 40% de éste se encuentra en Brasil. Sin embargo, solamente existe capacidad instalada para la utilización del 23% de este potencial (OLADE, 2010).

Sobre el potencial eólico de la región, existen mediciones únicamente para Brasil, México y Chile, que suman un total de 461 GW, distribuidos en 350 GW en Brasil, 71 GW en México y 40 GW en Chile (GWEC, 2010); un potencial significativo si se compara con la capacidad instalada de energía eólica a escala global para el año 2010, que se calculó cercana a 200 GW. Conforme estimaciones del GWEC (2010), la capacidad instalada global de energía eólica podría duplicarse en el próximo quinquenio, y alcanzar hasta 1.000 GW para 2020. En América Latina y el Caribe, para el año 2010 la capacidad instalada se calculó en 2.010 MW, cifra que es apenas el 1% de la capacidad global, aunque su ritmo de expansión en el transcurso del último año es similar al registrado en Asia (54%), el nivel más alto en todas las regiones del mundo. Brasil y México muestran los más notables resultados en la expansión de esta fuente energética dentro de la región. En Brasil se concentra el 46% de la capacidad instalada y en México el 26% (GWEC, 2010).

Estas cifras demuestran que en Latinoamérica existe un enorme potencial energético para la transición hacia fuentes renovables. No obstante, este potencial energético se encuentra sub-explotado, pues las capacidades instaladas son muy limitadas.⁴

Aunque en 2011 se registró el récord mundial de inversiones en energías renovables, que ascendieron a 257 mil millones de dólares (PNUMA, 2012), siendo China y Estados Unidos los países que lideran este tipo de inversiones

⁴ Una limitación importante será la inestabilidad estructural que caracteriza a la mayor parte de las fuentes renovables y no convencionales de energía. Aunque este aspecto no se evalúa en este documento, es importante dejar constancia de su existencia.

con 52 y 51 mil millones, respectivamente; mientras América Latina ha realizado ciertos acercamientos.

La razón fundamental de estas condiciones se encuentra en la ingente inversión económica que implica el aprovechamiento de fuentes renovables en esta región. En América Latina, el monto de la inversión necesaria para instalar el potencial hidroeléctrico total, que actualmente se aprovecha solamente hasta un 23% (OLADE, 2010), sería de 500 mil millones de dólares con el cálculo más conservador, estimado en base a cifras de costos de la inversión energética del Informe del IPCC (Bruckner et al., 2011). Es importante señalar que en este cómputo, sin embargo, no se consideran las especificidades en inversión tecnológica que supone la explotación del potencial hidráulico en una región con una alta complejidad geográfica y climática. La incorporación de estos aspectos derivaría un monto más amplio de inversión necesaria.

Tanto la distribución desigual del potencial energético de la región, así como la limitada capacidad instalada existente, determinan que una buena proporción de los requerimientos en varios países sean cubiertos a partir de recursos importados. Solamente Argentina, Bolivia, Colombia, Ecuador, México, Paraguay y Venezuela se encuentran en la actualidad en una posición superavitaria en su balance comercial energético, de manera que pueden exportar más energía de la que importan (véase tabla 1).

Tabla No.1: Importaciones y exportaciones netas^a de energía^b
Millones bep^c

EXPORTADORES NETOS	1970	1980	1990	2000	2010
América Latina	1.245,4	714,4	970,8	1.793,8	1.320,0
Argentina	-19,2	-26,4	14,2	155,0	13,6
Bolivia	4,9	14,3	15,4	10,6	66,8
Colombia	42,3	-4,2	155,1	332,9	529,7
Ecuador	-7,5	46,5	72,0	96,5	101,3
México	9,2	339,9	460,8	524,4	282,2
Paraguay	-1,4	-3,5	10,4	20,7	17,2
Venezuela	1.424,5	751,0	631,0	1.212,6	754,1
IMPORTADORES NETOS	1970	1980	1990	2000	2010
Brasil	-138,0	-345,6	-302,8	-334,0	-138,5
Chile	-23,8	-30,6	-46,5	-116,1	-173,4
Costa Rica	-2,9	-5,6	-6,6	-11,9	-17,0
El Salvador	-3,5	-4,3	-5,5	-13,5	-14,0
Guatemala	-5,8	-9,6	-8,4	-14,0	-24,9

Honduras	-2,7	-4,1	-5,2	-10,8	-17,1
Nicaragua	-3,6	-4,7	-4,6	-8,4	-9,1
Panamá	-5,1	-6,7	-6,3	-12,4	-20,0
Perú	-8,3	21,6	5,2	-23,6	-16,2
Uruguay	-13,4	-13,7	-7,4	-14,2	-14,7

Notas: a) El saldo neto en el balance comercial energético se calcula por la diferencia entre la exportación e importación de energía. Un valor negativo indica que el país es un importador neto. b) Se refiere al uso primario y secundario de energía, es decir, incluye combustibles de uso final. c) Se reportan cifras en barriles equivalentes de petróleo (bep). Algunas equivalencias de utilidad son las siguientes: 1 bep = 5,81 Gigajoules, 1 barril de petróleo = 1,0015 bep, 1 barril americano = 158,98 litros.

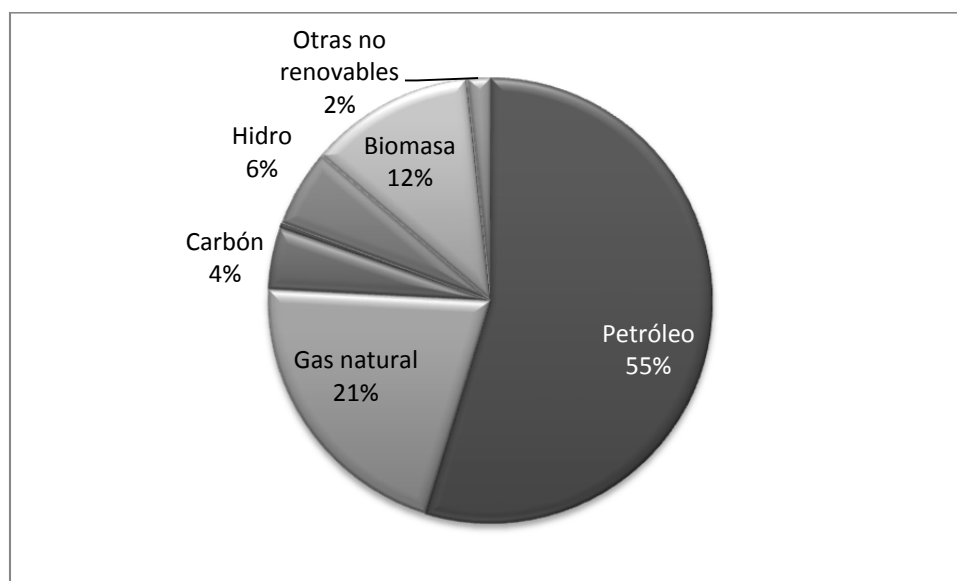
Fuente: OLADE (2012)

Elaboración propia

Cuando se desagrega el balance comercial por fuentes de energía, resulta que, a escala regional América Latina se especializa en la exportación de fuentes primarias y secundarias de energía. No obstante, a nivel de país, la mayor parte de la región es exportadora neta de energía primaria e importadora neta de energía secundaria. Solamente Argentina, Colombia, Paraguay, Perú y Venezuela mantienen un saldo positivo en su balance comercial de fuentes secundarias. Para los importadores netos, esta posición introduce un conjunto de restricciones económicas, pues la dependencia de recursos externos no siempre puede garantizarse a precios adecuados y en cantidades suficientes.

En la actualidad, América Latina produce anualmente cerca de 7,2 mil millones de bep de energía primaria, y 3,3 mil millones de bep de energía secundaria (OLADE, 2012). La mayor parte de la producción primaria de la región se halla constituida por fuentes no renovables, aproximadamente un 80% (véase gráfico 1).

Gráfico No. 1: Producción primaria de energía en América Latina: 2010



Fuente: OLADE (2012).

Al menos la cuarta parte de la oferta energética⁵ de América Latina se halla constituida por recursos renovables. En contraste con la matriz energética mundial, que solamente contiene un 12% de oferta energética renovable. Esto supone una posición ventajosa para América Latina porque en el mundo se planifica una progresiva transición hacia estas fuentes de recursos, tanto porque se reconoce la condición de agotamiento de los combustibles fósiles durante los próximos años, como por los efectos ambientales del cambio climático global asociado a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que se producen debido al uso de energía fósil.

No obstante, aunque existen beneficios ambientales por la reducción de emisiones de GEI asociada al uso progresivo de fuentes renovables de energía, también con estas fuentes se identifican diversos impactos ambientales. De hecho, cualquier estrategia para la seguridad energética deberá tomar en cuenta que todas las formas de producción a gran escala, ya sea de combustibles o de electricidad, en alguna etapa del proceso generan o pueden generar un impacto ambiental negativo (Hall et al., 1986; Oxilia y Luna, 2011).

En América Latina, el mayor componente renovable de la producción primaria es la biomasa (55%). De acuerdo a Oxilia y Luna (2011: 20), dos aspectos explican la alta contribución de la biomasa en la oferta energética regional: el

⁵ La oferta total de energía se calcula como la suma de la producción interna de energía primaria, las importaciones, y la variación de inventarios (reservas), y de este monto se descuentan las exportaciones y la energía no aprovechada.

uso de leña en el sector residencial y la producción de biocombustibles de primera generación. En ambos casos, se trata de un aprovechamiento energético que origina severas presiones en los recursos forestales, así como emisiones de GEI, y otros efectos ambientales.

Sobre el uso de leña, las estimaciones de OLADE (2012) muestran una reducción en el consumo per cápita de América Latina, que pasó de 1,4 a 0,6 bep por habitante entre 1970 y 2010. Por el contrario, el consumo per cápita de bagazo se incrementó de 0,2 a 0,3 bep durante el mismo período. Actualmente se producen en la región latinoamericana 26,6 millones de m³/año de etanol para combustible, el 98% en Brasil (OLADE, 2010); y, 5 millones de m³/año de biodiesel (Oxilia y Luna, 2011).

En particular, la producción de biocombustibles de primera generación ha sido ampliamente objetada debido a diversos impactos ambientales y sociales que se encuentran vinculados, algunos aspectos tienen que ver con riesgos relativos a la seguridad alimentaria. La producción energética a partir de biocombustibles demanda una gran cantidad de materia prima. Es decir, el desarrollo de esta industria supone que se emplea una ingente cantidad de recursos como tierra, agua, agroquímicos y otros. Se argumenta que el desarrollo de cultivos útiles para la producción de biocombustibles induce el reemplazo de grandes extensiones de tierra de producción agropecuaria, de fundamental interés para garantizar la seguridad alimentaria. La producción agrícola para estos diversos fines entra entonces en una competencia por recursos como el agua y el suelo, y no sólo por su disponibilidad sino también por su calidad, que puede ser afectada por el uso intensivo de agroquímicos.

Esta lógica productiva introduce un conflicto de prioridades entre la seguridad alimentaria y la seguridad energética, conflicto que no termina de resolverse porque además existe un debate inconcluso sobre los rendimientos energéticos y la reducción de emisiones de CO₂ que pueden asociarse a la producción de biocombustibles. Sastre et al. (2008) sintetizan cifras de diversos estudios sobre los rendimientos energéticos y emisiones atribuibles a los principales biocombustibles (véase tabla 2).

Tabla 2: Rendimiento energético y emisiones a partir de biocombustibles

CULTIVO	RENDIMIENTO ENERGÉTICO		BALANCE DE EMISIONES DE GEI
	Litro / tonelada ^a	Producción/Uso ^b	% ^c
BIOETANOL			
Maíz	372-287 ⁽¹⁾	1,34-1,39 ⁽²⁾	-21%-38% ⁽¹⁾

	370 ⁽³⁾	0,78 ⁽³⁾	+30% ⁽⁴⁾
Trigo	348 ⁽¹⁾	1,02-1,11 ⁽¹⁾	-19%-47% ⁽¹⁾
Caña de azúcar	73-90 ⁽¹⁾	8,3-10,2 ⁽¹⁾	nd
Remolacha azucarera	54-101 ⁽¹⁾	1,56-1,79 ⁽¹⁾	-41%-56% ⁽¹⁾
Leña	288 ⁽¹⁾	0,66-0,83 ⁽¹⁾	-51% ⁽¹⁾
	400 ⁽³⁾	0,64 ⁽³⁾	nd
BIODIESEL			
Girasol	nd	3,00 ⁽⁵⁾	nd
	260 ⁽³⁾	0,46 ⁽³⁾	nd
Soja	nd	1,5-3,3 ⁽⁵⁾	-63% ⁽¹⁾
	180 ⁽³⁾	0,78 ⁽³⁾	nd

Notas: (a) Se mide en litros de biocombustible generado por tonelada de cada cultivo; (b) Se mide en kilocalorías de biocombustible generado por kilocaloría de energía utilizada. 1 kilocaloría = 4.186 joules; (c) Se mide la captación (emisión) de GEI en relación a la emisión de GEI asociada a la gasolina.

Fuentes: (1) IEA (2004), (2) Farrell et al. (2006), (3) Pimentel y Patzek (2005), (4) Pimentel (2001), (5) WWI et al., (2006), OLADE (2012).

Las principales conclusiones que se obtienen a partir de su estudio apuntan en una dirección. No existen indicadores concluyentes sobre los rendimientos energéticos ni el estado del balance de emisiones de GEI que son atribuibles a diversos biocombustibles. Existe un amplio margen de variabilidad en los rendimientos, que depende de los supuestos y metodología que son utilizados en su cálculo. Por ejemplo, la definición de “energía” que se aplica determina resultados diferentes. Será más alto el consumo que incluye la energía indirecta, esto es, aquella que se empleó durante las diversas fases que componen el ciclo de vida de cada producto (es decir, no sólo la gasolina que se utiliza en forma directa para mover un automóvil sino también aquella que se utiliza para producir sus partes, transportarlas, ensamblarlas, etc.).

Otro aspecto que origina discrepancias son los factores de conversión adoptados para transformar el uso de insumos en unidades energéticas. Estos aspectos determinan resultados distintos al construir el balance de emisiones de GEI que se atribuyen a diferentes cultivos.

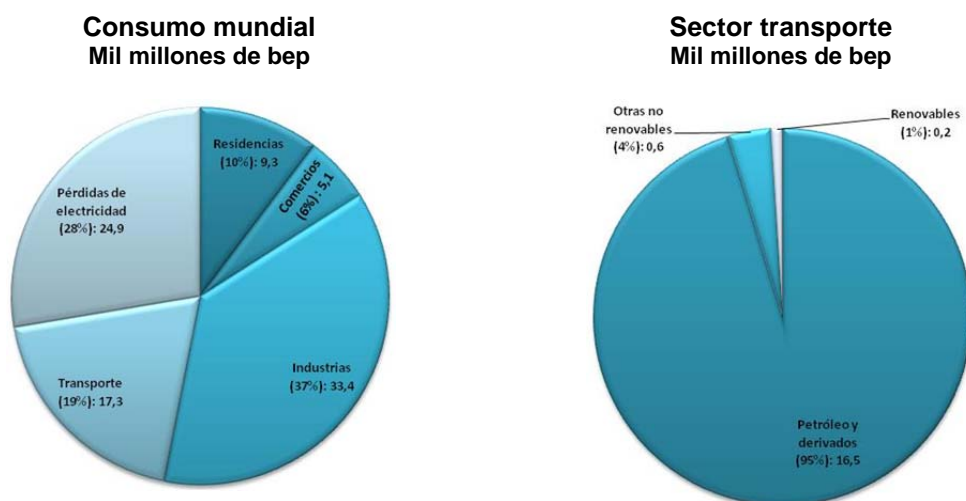
Las directrices europeas para el reemplazo de fuentes no renovables de energía en los estados miembros de la Unión Europea también suscitan un conjunto de desafíos energéticos para América Latina. En particular, la Directiva sobre biocarburantes que se halla vigente (Parlamento Europeo, 2009) busca promover el uso de biomasa en la generación de biocombustibles, a fin de generar una fuente energética alternativa para abastecer la demanda del sector transporte. Como resultado, se planifica limitar la emisión de GEI y

promover un transporte más limpio, a partir de un estándar mínimo de 10% en el uso de energías renovables para el sector transporte hasta el año 2020, y una cuota del 20% de energías renovables en el consumo total de los países europeos. Esto significa que será necesario obtener una vasta cantidad de biocombustibles, que pueden originarse en el reemplazo de cultivos agrícolas tradicionales o en la expansión de las áreas de cultivos para estos fines en los países latinoamericanos.

El sector transporte constituye una de las mayores preocupaciones energéticas no sólo de Europa, sino de la escala global. El sector consume cerca del 19% de la energía mundial, pero el 95% de sus fuentes son petróleo y sus derivados y el 99% son fuentes no renovables (IEA, 2011). Véase el gráfico 2.

En cuanto al consumo de energía de la región, se registra un incremento en un factor de 2,2 entre 1970 y 2010 en el caso de la energía primaria, y un factor de 4,3 en el caso de la energía secundaria (OLADE, 2012). Además, existen algunos cambios en su composición. Los derivados de petróleo son desde los años setenta el principal componente del consumo de energía secundaria pero su participación se ha reducido; mientras que la proporción del consumo de electricidad se ha incrementado. De acuerdo a Oxilia y Luna (2011), esta transformación implica un cambio cualitativo originado en la modernización del sistema productivo, la expansión de la cobertura eléctrica, y la modernización del consumo doméstico (electrodomésticos diversos).

Gráfico No. 2: Consumo final de energía por sectores, 2010



Nota: Se utilizó un factor de conversión de 5,8 millones btu = 1 bep, 1 btu = 1054,35 joules.
Fuentes: IEA (2011), OLADE (2012).
Elaboración propia

A pesar del incremento importante que ha tenido lugar en el consumo de energía de la región, persiste una amplia brecha respecto de los países desarrollados. La relación entre el promedio de América Latina y el promedio de la OCDE es de 1 a 5, es decir, mientras el habitante promedio latinoamericano consume menos de 1 tonelada equivalente de petróleo (tep)⁶ al año, el habitante promedio de la OCDE consume 5 tep al año. Dadas las perspectivas de crecimiento de la región, es previsible que este volumen de consumo siga incrementándose. De acuerdo a un análisis prospectivo de la OLADE (2008), se espera al menos duplicar el volumen de consumo diario de energía. En la actualidad se consumen a diario cerca de 11 megabeps⁷ y habrían expectativas de alcanzar al menos 22 megabeps por día en el año 2032.

Las diferencias en el consumo energético per cápita entre países de altos y bajos ingresos han sido explicadas a partir del consumo exosomático de energía (Martínez-Alier y Roca, 2006). Exosomático proviene del prefijo «*exo*» que significa “fuera”, y del vocablo griego «*soma*» que significa “cuerpo”. Entonces, si el consumo endosomático (del prefijo «*endo*» que significa “dentro”) se interpreta como el consumo energético intrínseco a las necesidades corporales de los seres humanos, la categoría de exosomático definirá el consumo que se explica por necesidades extra-corporales.

El consumo endosomático se define de manera independiente al nivel de ingresos de los individuos, se establece en base a los requerimientos nutricionales de la población, esto es, entre dos y tres mil kilocalorías diarias que permiten el funcionamiento del cuerpo humano. El consumo exosomático, en cambio, es independiente de las condiciones que determina la biología humana, se define por las condiciones económicas, culturales y sociales. Por lo tanto, habrá diferencias en el consumo energético de un individuo que se moviliza a pie, otro que se moviliza en autobús y otro que se moviliza en su propio automóvil; y en general, se asociará un mayor consumo exosomático a aquellos individuos que tienen mayores ingresos (los que se movilizan en su propio automóvil). Aunque, también existen ciertos matices en estos patrones, que no llegan a alterarlos. De hecho, una familia pobre que cocina con leña, al aumentar su ingreso seguramente podrá reemplazar este energético por otro más eficiente como el gas natural, lo que determinará una reducción en su consumo exosomático con el aumento de su ingreso (Martínez Alier y Roca, 2006).

⁶ Son útiles las siguientes equivalencias: 1 tep = 7,206 bep, 1.000 tep = 6 terajoules. El prefijo “tera” equivale a un factor 10^{12} .

⁷ El prefijo “mega” equivale a un factor 10^6 .

Estos elementos dan cuenta de la necesidad de introducir una estrategia regional conjunta que permita garantizar la seguridad energética en un marco de sostenibilidad. Esto es, aunque sea previsible un incremento significativo en el consumo de energía de la región latinoamericana, que se encuentra en una etapa de dinámico crecimiento económico, esta expansión se halla limitada por varios factores, los cuales se analizan en la siguiente sección.

2. Factores limitantes de la seguridad energética

La seguridad energética regional se define en al menos dos ámbitos: suficiencia (o incluso autosuficiencia) en el abastecimiento y sostenibilidad. Existen algunos factores que pueden introducir restricciones en estos ámbitos, entre los cuales se identifican: la disponibilidad de recursos energéticos, las posibilidades de sostener mejoras en la eficiencia energética, la capacidad de financiamiento de la infraestructura energética, la institucionalidad y el marco regulatorio sobre los complejos procesos de integración regional, y los efectos ambientales asociados al uso de energías.

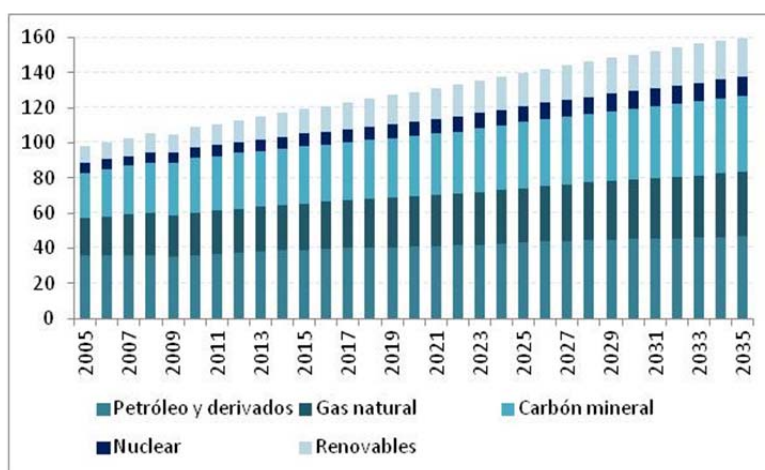
Por una parte, los límites biofísicos del sistema determinan una disponibilidad limitada de recursos. Debido al agotamiento previsible en las fuentes fósiles, las energías renovables se han considerado como una solución viable para garantizar la seguridad energética en el largo plazo. No obstante, una estrategia energética no puede limitarse al ámbito de la diversificación, requiere ser complementada con otros elementos que permitan garantizar también su sostenibilidad en el largo plazo. La diversificación energética no es el origen de posibilidades ilimitadas, también existen ciertas restricciones asociadas a algunas fuentes renovables –ya se ha analizado el caso de los biocombustibles–. Un elemento fundamental será la reducción en la escala de uso de recursos para complementar las mejoras en la eficiencia energética que puedan lograrse con avances tecnológicos.

Ha sido estudiado el conocido “efecto rebote” o “paradoja de Jevons” (Jevons, 1865 en Martínez-Alier, 2008), conforme la cual, aunque las mejoras tecnológicas permiten producir con mayor eficiencia, es decir, utilizar menos recursos por unidad de producción; en el agregado aumenta el consumo de energía porque los costos relativos de la producción han disminuido. Es decir, aunque existan incrementos de la eficiencia energética, el efecto rebote puede resultar en un incremento del consumo total de energía.

Es evidente que a nivel mundial existe un creciente interés por impulsar tanto la transición hacia fuentes renovables, como las mejoras en la eficiencia energética. No obstante, el resultado neto de los esfuerzos emprendidos para

conseguir esta transición tecnológica estaría coincidiendo con el efecto de rebote planteado por Jevons. En efecto, la demanda energética global en términos absolutos se incrementó durante los últimos años –aunque la crisis económica reciente ha moderado su ritmo de crecimiento– y existen expectativas de que continúe expandiéndose (véase gráfico 3).

Gráfico No.3: Proyecciones de consumo global de energía
 Mil millones de bep



Nota: Se utilizó un factor de conversión de 5,8 millones btu = 1 bep, 1 btu = 1054,35 joules.
 Fuentes: IEA (2011), OLADE (2012).
 Elaboración propia

Otro elemento que introduce restricciones para garantizar la seguridad energética es la limitada capacidad de financiamiento de infraestructura energética. La IEA (2011) calcula una inversión acumulada global de 38 billones de dólares que permitirá cubrir la demanda proyectada hasta el año 2035. El principal componente de esta inversión es la hidroelectricidad, con 16,9 billones (45%). Sin embargo, la energía fósil mantendrá un peso importante: 26% para petróleo (10 billones de dólares) y 25% para gas natural (9,5 billones). Los costos de inversión en diferentes fuentes de energía renovable se detallan en la tabla 3, conforme cifras reportadas en el reciente informe de IPCC sobre energías renovables y cambio climático (Bruckner et al., 2011; Edenhofer et al., 2011). En base a estas cifras, se calcula que en América Latina, en donde actualmente se aprovecha solo un 23% del potencial hidroeléctrico, el monto de la inversión necesaria para instalar el potencial total sería de 500 mil millones de dólares con la estimación más conservadora.

Tabla No. 3: Costo de la inversión para generación eléctrica
 a partir de fuentes renovables

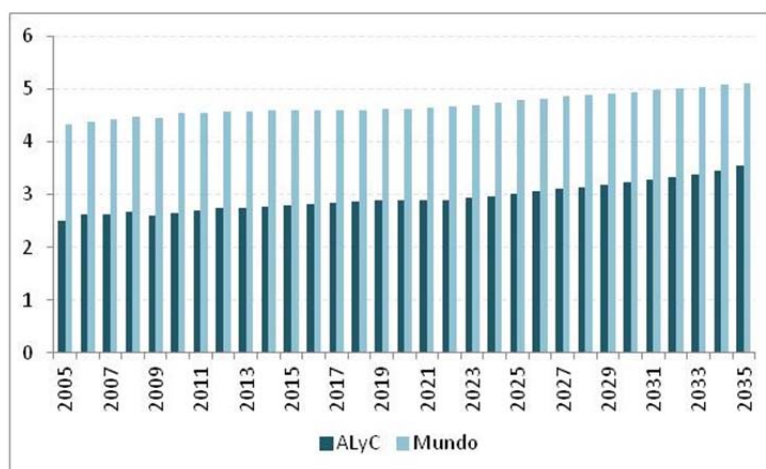
RECURSO	INVERSIÓN (US\$/kW)		
	MÍNIMO	MÁXIMO	PROMEDIO
Bioenergía	430	9.800	3.343
Solar	2.700	7.300	5.110
Geotérmica	1.800	5.200	3.175
Hidroeléctrica	1.000	3.000	2.000
Oceánica	4.500	5.000	4.750
Eólica	1.200	2.100	1.650

Fuente: Bruckner et al. (2011: 1004-1005)
Elaboración propia

En un ambiente de creciente consumo energético, un aspecto de fundamental importancia es la posibilidad de garantizar la seguridad energética en la región a partir de la consolidación de un proceso coordinado de integración. Sin embargo, proliferan acuerdos bilaterales intra y extra regionales con resultados expeditos aunque alejados de los procesos de integración multilateral. Según explican González et al. (2008), en la región ha tenido lugar un proceso de “sobreintegración”, esto es, que diversos acuerdos bilaterales han emergido de forma paralela a los acuerdos multilaterales, y la ausencia de coordinación en ambos tipos de procesos ha socavado la propia integración, al introducir dificultades para la consolidación de un marco institucional y regulatorio común, en particular para aquellos aspectos de mucha sensibilidad, tales como tarifas, impuestos, aranceles y resolución de conflictos.

Finalmente, un elemento que adquiere cada vez mayor importancia en las estrategias energéticas de las economías, es la contribución de la transición energética hacia fuentes renovables para la mitigación del cambio climático. En este ámbito se argumenta sobre una responsabilidad diferenciada para las economías en desarrollo y las grandes economías industriales. Véase por ejemplo la comparación de la escala latinoamericana con la global (gráfico 4).

**Gráfico No.4: Proyección de las emisiones de CO₂
Toneladas per cápita**



Fuente: IEA (2011)

Elaboración propia

Con esta evaluación del estado de situación energética de América Latina, y la definición de las principales restricciones atinentes a la seguridad energética regional, en la siguiente sección se plantean algunos escenarios de transición energética, cuya evaluación permitirá definir las bondades y limitaciones de los procesos de diversificación hacia fuentes renovables de energía, y de los procesos de integración regional.

3. Posibles escenarios de mediano y largo plazo

Siguiendo la trayectoria actual de consumo, con una población y un PIB regional que crecen a tasas anuales de 0,1% y 2,8%, respectivamente, conforme proyecciones de IIASA (2009), se prevé que para los próximos 20 años la demanda energética de América Latina se incrementará en 1,4 veces, y para los próximos 90 años se triplicará. Entonces, cabe preguntarse sobre las condiciones de seguridad energética que permitirán satisfacer estas necesidades. A fin de contestar esta pregunta, en esta sección se analizan tres escenarios de desarrollo energético para América Latina, que definen políticas diferenciadas para satisfacer los requerimientos energéticos crecientes de la región. En el primer escenario se proyecta un desarrollo energético inercial, conforme la trayectoria histórica de los flujos energéticos. El segundo escenario muestra proyecciones con metas específicas de diversificación, tendientes a promover el uso progresivo de fuentes renovables. Finalmente, el tercer escenario muestra las proyecciones de desarrollo energético en un marco de integración regional. Los tres escenarios se evalúan en dos períodos: el mediano y el largo plazo.

Para la construcción de estos escenarios se utilizan dos fuentes de información. La información histórica proviene del Sistema de Información Económica y Energética (SIEE) de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), cuyos registros de producción primaria, importaciones, exportaciones y reservas completan el período 1970-2010. Para las estimaciones de consumo, producción y comercio energético hasta el año 2100, se utilizan proyecciones demográficas, económicas y energéticas elaboradas por el Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA, 2009).

IIASA es un organismo austríaco de investigación científica, que en conjunto con la Iniciativa de gases de efecto invernadero (GGI, por sus siglas en inglés), ha desarrollado un conjunto de modelos que articulan varias disciplinas y sectores, creando un sistema de evaluación integrada (IIASA Integrated Assessment Modeling Framework) que permite abordar diversos problemas de la sustentabilidad que involucran sistemas energéticos y sus interacciones con diversas actividades económicas, que pueden afectar los suelos, los bosques y la agricultura. En el recuadro No.1 se reproduce un breve resumen del esquema de evaluación integrada de IIASA.

3.1. Planteamiento de escenarios

- a. En un escenario inercial, se proyecta la trayectoria histórica (entre 1970 y 2010) de los flujos energéticos de oferta y demanda. En este escenario se asume la ausencia de intervenciones de política que orienten cambios en la matriz energética de cada país.
- b. Un segundo escenario corresponde a la diversificación energética de cada país de la región. En este caso, la intervención del Estado prioriza el uso de fuentes renovables. Se distingue una modalidad de diversificación lenta y otra dinámica. La diferencia entre ambos esquemas es una meta más alta de expansión de la producción primaria de energías renovables: para el primero se plantea incrementar en 1% la participación de fuentes renovables en la oferta energética nacional durante cada quinquenio; y, para el segundo se plantea un incremento de 5%.
- c. El escenario de integración energética regional supone la conformación de bloques intrarregionales, que combinan una estrategia de

diversificación energética con la cooperación para el intercambio de energía dentro de cada bloque.

Los supuestos generales que se utilizan para determinar la estructura de la oferta y la demanda energética comprenden:

□ La demanda de energía

Se proyecta en función de tres elementos: i) la tendencia histórica del consumo per cápita de cada economía; ii) las proyecciones del crecimiento poblacional de cada país; y, iii) las proyecciones del crecimiento económico de cada país. Las dos últimas proyecciones se toman de los trabajos realizados por IIASA (2009). Las cifras históricas del consumo per cápita sirven de base para estimar funciones de crecimiento lineal, exponencial, logarítmico, etc., del consumo per cápita de cada país de la región para el período posterior, conforme se determine en cada caso el mejor grado de ajuste de los datos a la respectiva función de estimación econométrica que aplica el método de los mínimos cuadrados ordinarios. Con las proyecciones demográficas de IIASA, se agregan las cifras de consumo total para cada país.

□ La producción primaria de energía no renovable

Se considera la relación reservas/producción de cada recurso, que determina el número de años de producción que son factibles con un volumen constante de producción.⁸ En aquellos casos en que esta razón supera el período de análisis, se asume que existen posibilidades de expandir en forma progresiva la capacidad de producción, de manera que el acervo disponible de cada recurso no renovable llegue a agotarse durante el período de análisis.

□ La producción primaria de energía renovable

Se distingue solamente entre dos tipos de fuentes renovables: hidroenergía y las demás. Para el caso de la hidroenergía se considera como restricción el potencial hidroeléctrico de cada país. Para el resto de fuentes energéticas se asume como restricción la demanda doméstica total. Es decir, la capacidad de expansión de la producción de

⁸ Se utiliza este supuesto para facilitar el tratamiento de la información. No obstante, en la práctica los planes de producción petrolera, por ejemplo, suponen una tasa de extracción creciente durante las primeras fases de explotación, y luego aplican tasas declinantes.

fuentes renovables estará limitada por los requerimientos domésticos de energía. Este supuesto permite garantizar la cobertura de la demanda interna y al mismo tiempo, permite hacer operativa la condición de reducción en la escala de uso de energía, ambas condiciones se identifican como elementos centrales de una estrategia para la seguridad energética sustentable.

- Los flujos de importación y exportación de energía se calculan por la diferencia entre la oferta y demanda de energía de cada economía. Si la producción primaria supera el consumo doméstico, la diferencia será exportada; y en forma inversa para las importaciones.

3.2. Análisis de resultados

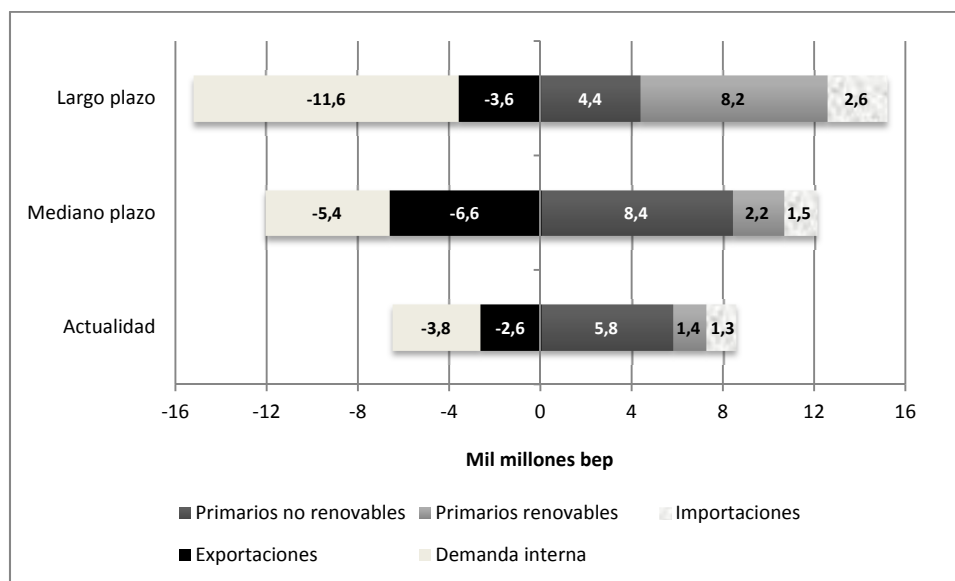
a. Escenario inercial

Con cifras de OLADE (2012) se estima que en la actualidad, la región latinoamericana cuenta con un excedente de recursos energéticos. La producción agregada de la región a 2010 (5,8 + 1,4 millones de kbep⁹ de producción primaria no renovable y renovable, respectivamente) permite cubrir la demanda interna de todos los países (3,8 millones de kbep) y se genera además un excedente energético suficiente para exportar. Conforme las proyecciones realizadas para el mediano plazo (2030) y el largo plazo (2100), en la ausencia de intervención gubernamental, la trayectoria del consumo energético anual de la región (5,4 y 11,6 millones de kbep en el mediano y en el largo plazo, respectivamente) puede seguir cubriéndose con la producción interna (10,6 y 12,6 millones de kbep de producción primaria en el mediano y en el largo plazo, respectivamente) y se puede continuar exportando el excedente. En todos los casos, sin embargo, también es necesario importar una parte de los insumos energéticos que demanda cada economía.

Estas proyecciones se pueden revisar en el gráfico 5, que tal como los gráficos posteriores, muestra la estructura de la oferta y la demanda energética. La oferta energética se compone de la producción primaria de fuentes renovables y no renovables, así como también de las importaciones de energía. En el gráfico, todos los rubros de la oferta se presentan en valores positivos. Por otro lado, la demanda de energía se presenta en valores negativos y se halla compuesta por el consumo doméstico y las exportaciones de energía.

⁹ El prefijo “kilo” representa un factor $10^3 = 1.000$.

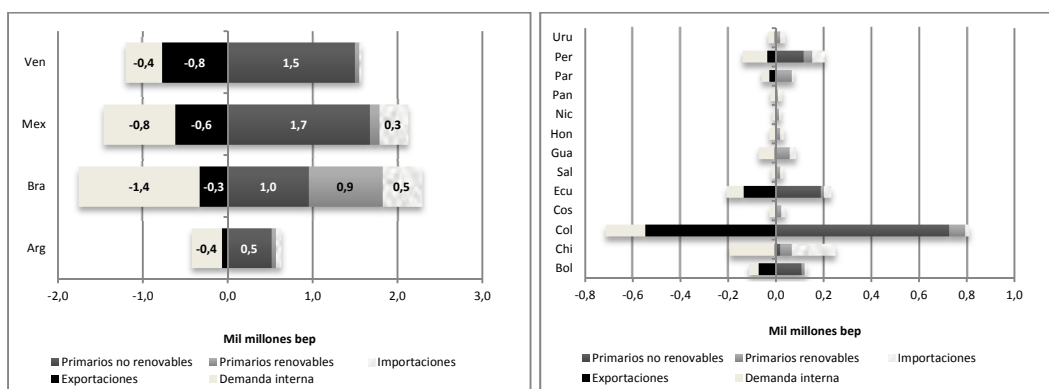
Gráfico No.5: Matriz energética de América Latina, escenario inercial



Fuente: Estimación propia

Esta posición energética es aparentemente cómoda para la región, pues incluso en la ausencia de intervención gubernamental, la disponibilidad agregada de recursos muestra la suficiencia requerida para garantizar la seguridad energética regional. No obstante, existen diferencias importantes al interior de la región. Los recursos energéticos se distribuyen de manera desigual: mientras en países como Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, México, Paraguay, Perú y Venezuela el consumo energético actual se puede cubrir con la producción interna, en el resto de economías latinoamericanas son necesarios los recursos energéticos importados para satisfacer la demanda. Las economías que muestran mayor dependencia respecto de la energía importada son Chile, Panamá y Uruguay (véase gráfico 6).

Gráfico No.6: Situación energética actual en América Latina

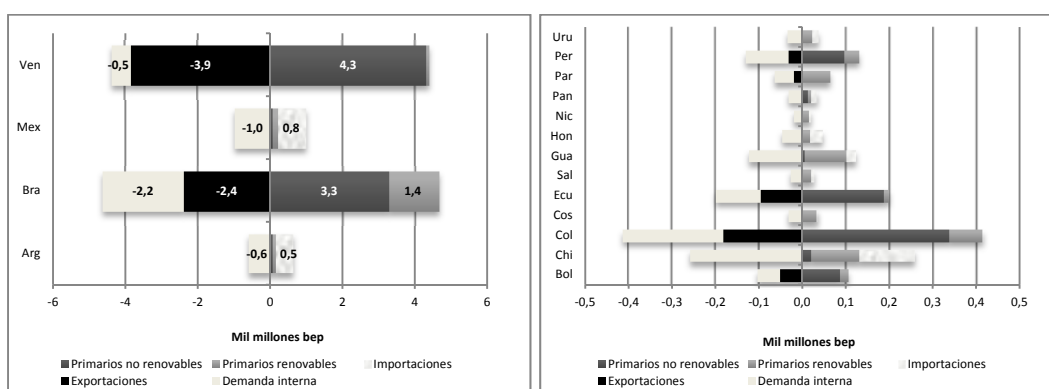


Fuente: OLADE (2012)

A mediano plazo, algunos países de la región tienen posibilidad de mantener o incluso expandir su capacidad de producción de energía primaria. Más adelante se verá que esto se debe principalmente a la disponibilidad de importantes reservas de petróleo, carbón mineral y gas natural en algunos países de la región. En estas condiciones, hasta el año 2030 en el agregado latinoamericano habría un incremento en la capacidad de garantizar el abastecimiento del consumo energético con la producción interna, pero una vez más, a nivel de país existen diferencias significativas (véase gráfico 7).

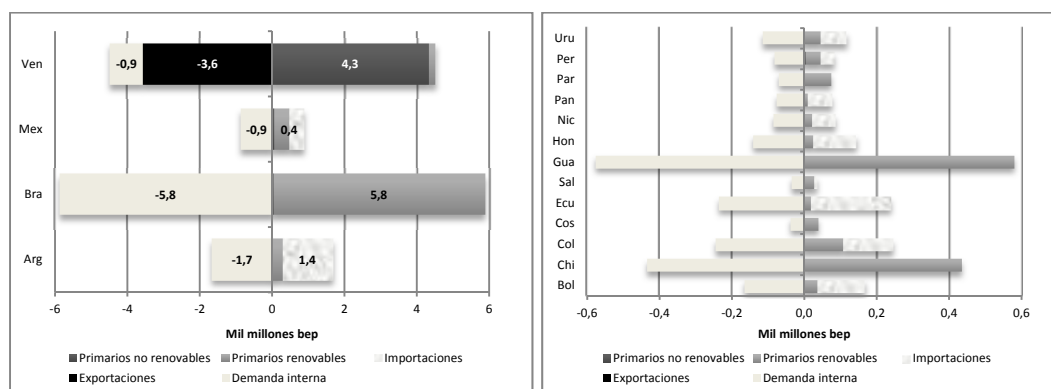
En el largo plazo, en cambio, la mayor parte de economías latinoamericanas apenas logran cubrir su consumo a partir de la producción doméstica y muchas tienen creciente dependencia respecto de los insumos importados. La única excepción es Venezuela, en donde las reservas de recursos no renovables permiten abastecer con holgura las necesidades internas incluso en el largo plazo (véase gráfico 8).

Gráfico No.7: Situación energética inercial de América Latina en el mediano plazo



Fuente: Estimación propia

Gráfico No.8: Situación energética inercial de América Latina en el largo plazo



Fuente: Estimación propia

La seguridad energética de varios países de América Latina, no solamente es afectada por la disponibilidad de los insumos energéticos importados, sino también por la condición de agotamiento de sus fuentes domésticas. En la actualidad, el 80% de la producción primaria de la región se halla compuesta por fuentes no renovables (véase gráfico 6), siendo Brasil, Colombia, México y Venezuela los países con las mayores reservas en la región. Se calcula que estos países en conjunto producen el 84% de la energía no renovable de América Latina. Siguiendo estas tendencias, a mediano plazo se proyecta que esta estructura no varía en forma significativa (79%), aunque en este caso, solamente la producción de Brasil y Venezuela acumulan el 90% del total de energía primaria. A largo plazo, en cambio, hay una disminución considerable en la proporción de fuentes no renovables. Se proyecta que solamente el 35% de la producción primaria estará compuesta por este tipo de recursos y el 98% del total se originarán en Venezuela.

Estas características inerciales en la estructura de la matriz energética regional y su distribución entre países, sugieren la necesidad de introducir la intervención estatal para garantizar la seguridad energética regional. Una estrategia de diversificación energética al interior de cada país puede contribuir a la reducción de la dependencia respecto de los insumos importados y de los recursos no renovables. Este análisis se desarrolló en la siguiente sección.

b. Diversificación energética

El potencial de la diversificación energética en los países latinoamericanos ha sido analizado en estudios recientes. Por ejemplo, en el caso ecuatoriano, el Centro Ecuatoriano de Derecho Ambiental (CEDA), presentó hace poco un estudio que discute la situación energética de este país y evalúa el potencial de diversificación energética (Castro, 2011:10). La conclusión central del estudio es que *“una matriz energética con mayor diversificación en sus fuentes en base*

a fuentes de energía renovable que operen de manera descentralizada... [contribuye a] una mejor seguridad energética, menor vulnerabilidad del sistema y mayores beneficios ambientales en Ecuador". Otros estudios analizan la viabilidad de los procesos de diversificación en la región –véase por ejemplo los trabajos recientes de Yepez-García et al. (2010) y Kozulj (2010).

En esta sección se analiza la contribución de una política de diversificación en las fuentes de energía, para garantizar la seguridad energética regional. Para ello, se plantean dos variantes de diversificación: una dinámica y otra lenta.

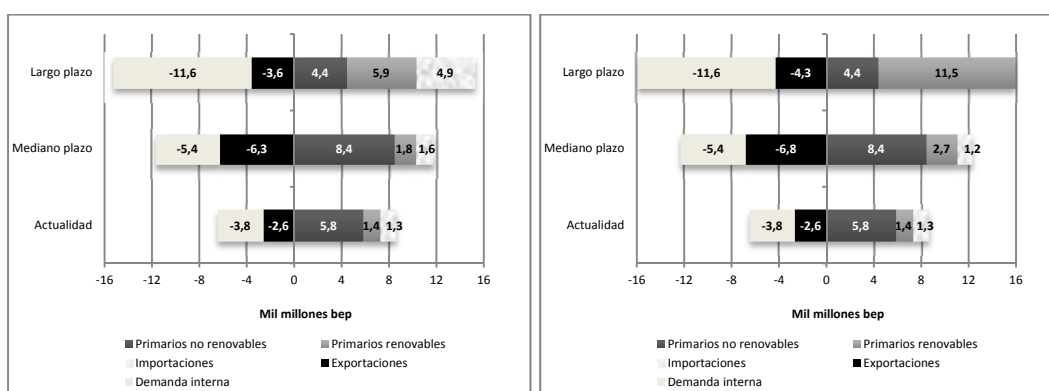
Para la diversificación lenta se asume que existe la meta gubernamental de incrementar cada quinquenio en 1% la participación de fuentes renovables en la oferta doméstica de energía primaria. Para la diversificación dinámica se asume una meta de incremento de 5% por quinquenio.

Como resultado de las proyecciones se tiene que si el proceso de diversificación es muy lento, en el agregado regional se pierde capacidad para garantizar el consumo interno con los recursos producidos localmente. Es decir, mientras la producción primaria duplica la demanda interna tanto en la actualidad como en el mediano plazo; para el largo plazo, la producción apenas cubre el 90% de los requerimientos energéticos de la región, y se incrementa la dependencia respecto de los insumos importados (véase gráfico 9a).

Gráfico No.9: Matriz energética de América Latina, escenarios de diversificación

a) Diversificación lenta

b) Diversificación dinámica



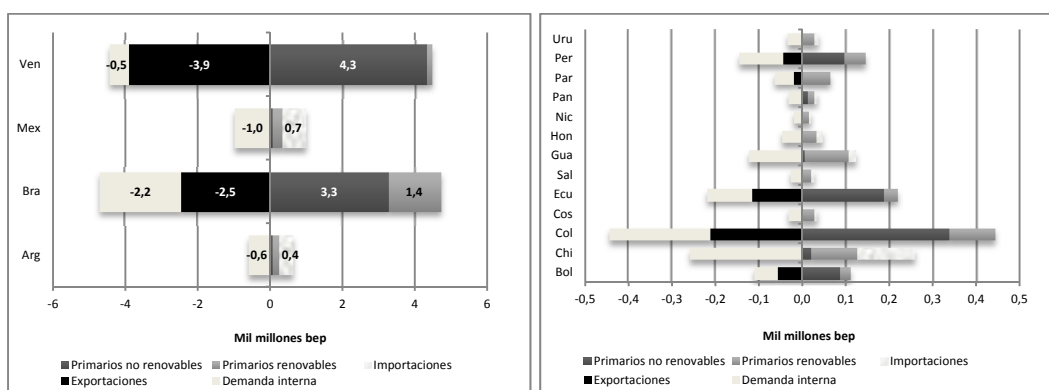
Fuente: Estimación propia

La situación difiere cuando se trata de un proceso de rápida diversificación. En estas condiciones, existe una mayor capacidad productiva interna para

garantizar la cobertura de la demanda doméstica tanto en el mediano como en el largo plazo. Como consecuencia, la región muestra una reducida dependencia respecto de insumos energéticos importados, y cuenta con mayores excedentes para la exportación (véase gráfico 9b).

Un rasgo importante del proceso de diversificación dinámica es que en el mediano plazo, solamente en Argentina, Chile y México más del 50% de su oferta energética se hallará compuesta por recursos importados, en el resto de economías esta razón será inferior al 30% (gráfico 10). En el largo plazo, ninguna economía dependerá las importaciones (gráfico 11). Por el contrario, en un proceso de diversificación lenta, la dependencia respecto de las importaciones se encontrará más extendida en la región (gráficos 12 y 13).

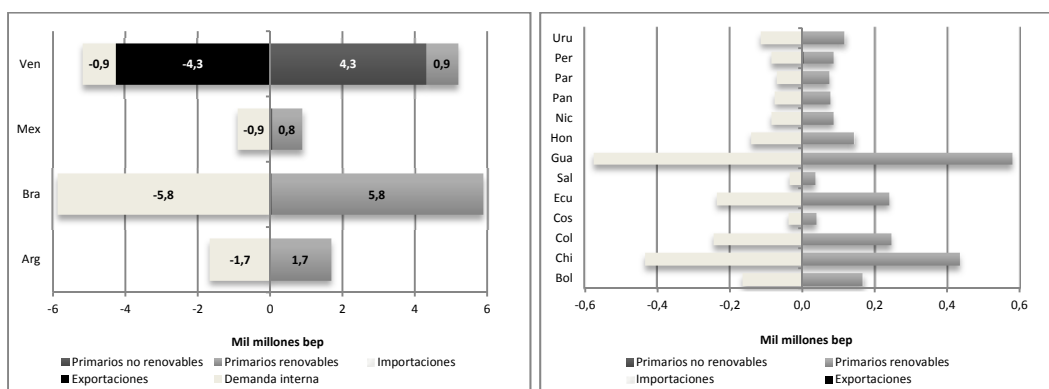
Gráfico No.10: Escenario de diversificación dinámica a mediano plazo



Fuente: Estimación propia

El segundo componente de dependencia energética que interesa evaluar es la contribución de fuentes no renovables. Al distinguir entre una política de diversificación dinámica y una lenta, la primera permite reducir de forma más efectiva la proporción de fuentes no renovables en la oferta total de América Latina, aunque es notable que en ambos escenarios de diversificación, la energía fósil continúe siendo la principal fuente de recursos para la región en el mediano plazo. Ya se ha explicado que estos recursos representan en la actualidad el 80% de la oferta energética regional, y se espera que una diversificación dinámica permita reducir en forma significativa su participación: se calcula que hasta 76% en el mediano plazo (véase gráfico 10) y hasta 28% en el largo plazo (véase gráfico 11). Casi la totalidad de estos recursos no renovables provendrán de Venezuela (98%).

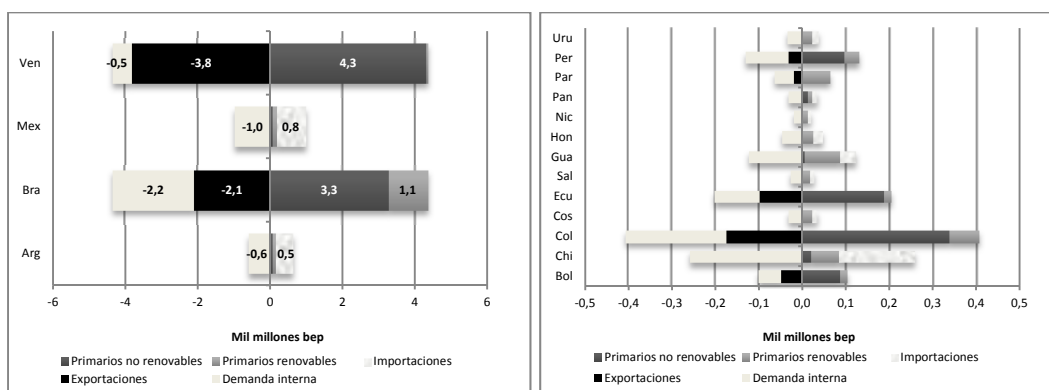
Gráfico No.11: Escenario de diversificación dinámica a largo plazo



Fuente: Estimación propia

Con la diversificación lenta, en el mediano plazo se registrará un incremento en la dependencia respecto de las fuentes no renovables de energía, que serán el 82% de la oferta energética de la región. Para el largo plazo, esta relación disminuirá al 43%. Brasil acumulará el 39% de los recursos no renovables de la región en el año 2100 y Venezuela el 51% (véase gráficos 12 y 13).

Gráfico No.12: Escenario de diversificación lenta a mediano plazo

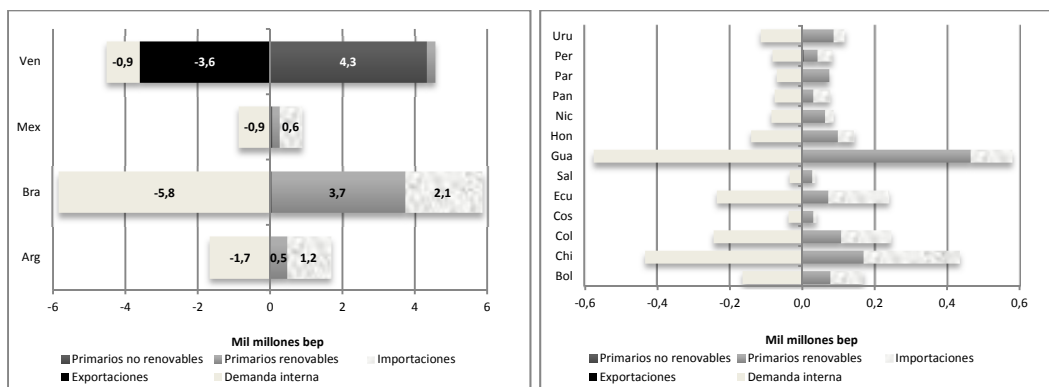


Fuente: Estimación propia

Con estos antecedentes se puede concluir que el desafío de la región no puede limitarse a la diversificación de sus fuentes energéticas. De hecho, si las políticas de diversificación no son dinámicas, pueden incluso poner en riesgo energético a la región al incrementar su dependencia respecto de recursos importados y fuentes agotables. El argumento central de este documento es que se requiere complementar las acciones individuales de diversificación con un proceso de integración energética intrarregional. Además, también será necesaria una reducción progresiva de la escala de uso y la consecuente mejoría en la eficiencia energética (es decir, la cantidad de energía por cada dólar de la producción nacional). Solamente al combinar estos elementos será posible garantizar la seguridad energética en un marco de sostenibilidad. En la

siguiente sección se analiza el potencial de una estrategia de integración intrarregional para estos fines.

Gráfico No.13: Escenario de diversificación lenta a largo plazo



Fuente: Estimación propia

c. Integración energética regional

Diversos estudios han evaluado el potencial de integración energética de América Latina (Ruiz-Caro, 2006; González et al., 2008; WEC, 2008; OLADE, 2011). Una de las principales conclusiones de estos trabajos es que la integración energética es un proceso que no solamente involucra la energía sino también otros factores. Por ejemplo, para la integración de infraestructura eléctrica o de gas natural, la proximidad geográfica constituye uno de los aspectos fundamentales a considerar (WEC, 2008: 11). Pero definitivamente serían los factores de la geopolítica los que predominarían en la conformación de bloques energéticos intrarregionales.

Tal como en esos trabajos, en este documento se consideran bloques geopolíticos para modelar los escenarios de integración. Además, existen antecedentes de integración intrarregional, principalmente a partir de iniciativas bilaterales pero también multilaterales, que coinciden con los cuatro bloques intrarregionales que se modelan a continuación. Estos antecedentes permiten argumentar la viabilidad de conformación de bloques energéticos regionales, siempre que se promuevan condiciones adecuadas de intercambio energético en su interior. Los bloques considerados aquí, que también coinciden con otras propuestas de integración energética (WEC, 2008; OLADE, 2011), son los siguientes: América Central, Región Andina, Cono Sur y Brasil. Se excluye del análisis a México porque sus intereses de integración energética estarían vinculados a la región de América del Norte (véase el siguiente mapa).

Bloques de integración energética en América Latina



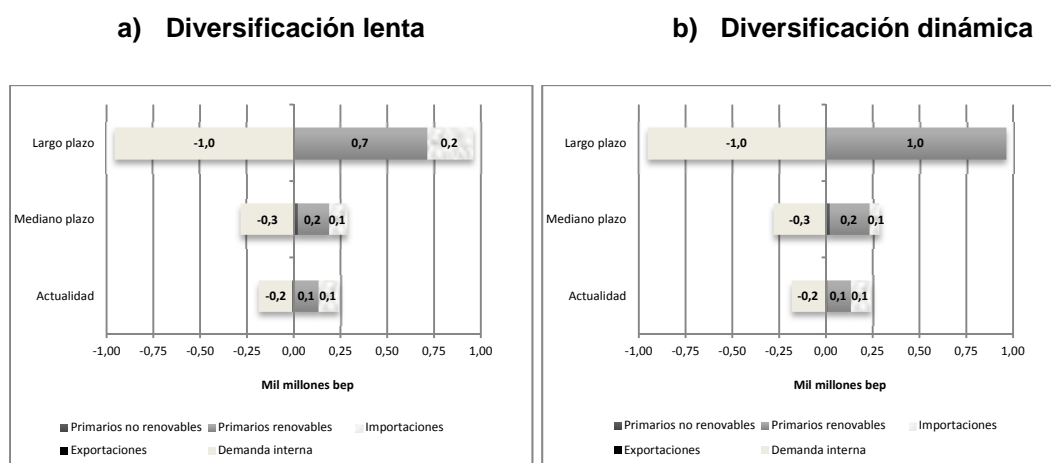
Elaboración propia

Centroamérica

En este bloque energético se encuentran Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá. Aunque en el mediano plazo el bloque centroamericano no logrará autosuficiencia energética para cubrir la demanda interna a partir de su propia producción primaria de energía, un proceso dinámico de diversificación hacia fuentes renovables complementado con la integración energética del bloque permitirá garantizar mejores condiciones en el largo plazo (véase gráfico 14b). Se calcula que para el año 2100, las fuentes de energía renovable permitirán satisfacer por completo la demanda doméstica en este bloque.

Un resultado distinto corresponde al escenario de diversificación lenta. En este caso, una política complementaria de integración energética del bloque tampoco permitirá asegurar condiciones de autosuficiencia (véase gráfico 14a). Un proceso demasiado lento de diversificación impide que incluso en el largo plazo esta subregión alcance independencia respecto de insumos importados.

Gráfico No.14: Matriz energética de Centroamérica: escenario integración energética



Fuente: Elaboración propia

El consumo energético de este bloque se incrementará en un factor de 1,6 a mediano plazo. Aunque durante este período Centroamérica no logrará autosuficiencia energética para cubrir la demanda interna a partir de su propia producción primaria de energía –la relación alcanzará solamente el 80% del consumo–, la integración favorecerá a la mayor parte de economías del bloque. Por un lado, para El Salvador, Honduras, Nicaragua y Panamá la integración del bloque permitirá potenciar los efectos favorables de la diversificación individual, es decir, su capacidad de autoabastecimiento energético será ampliada. Asimismo, con la integración habrá mejores condiciones en términos relativos para Costa Rica y El Salvador. Al comparar su grado de autosuficiencia actual y de mediano plazo, se concluye que si solamente se aplica un proceso de diversificación, estas dos economías perderán parte de su autonomía energética; que en términos de la escala subregional, en cambio, se vería ampliada. El único caso en el que la integración al bloque no provoca una contribución adicional, sea en términos absolutos o relativos, es Guatemala.

La situación de largo plazo determina una expansión del consumo energético en un factor superior a 5 en relación a la situación actual. En este caso, los efectos de la diversificación energética favorecen la autosuficiencia de cada país centroamericano, por lo que, en el agregado del bloque también se garantiza independencia respecto de los insumos externos.

Región Andina

Este bloque energético se halla integrado por Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela, aunque la escala venezolana permitiría a este país formar por sí solo un bloque energético en la región. Por esta razón, en esta sección se

presentan resultados que distinguen la contribución de Venezuela a la seguridad energética del bloque andino.

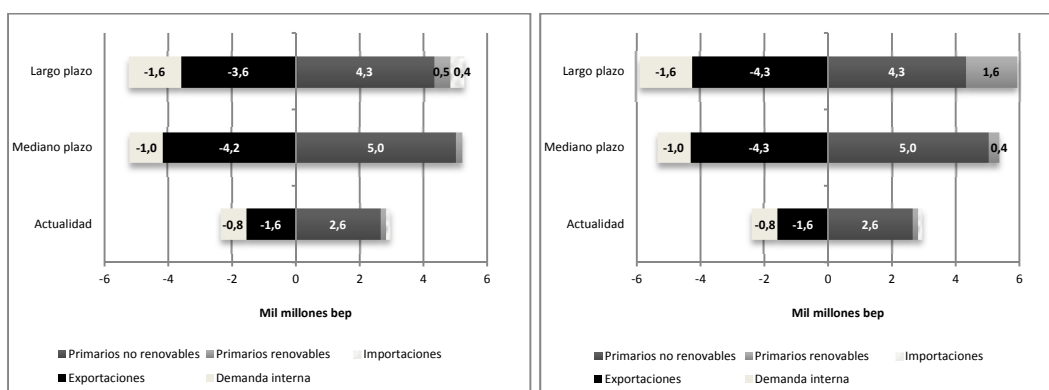
El consumo doméstico del bloque crecerá en un factor de 1,3 en el mediano plazo, y se duplicará en el largo plazo. Esta subregión podrá satisfacer sus requerimientos energéticos en forma autónoma bajo las dos modalidades de diversificación consideradas (véase gráfico 15). Sin embargo, esta condición no se repite en la escala individual de países, en donde, solamente bajo un esquema de diversificación dinámica se garantiza la suficiencia energética del todo y de sus partes. Esta particularidad se explica por la contribución de Venezuela al bloque, que se analiza más adelante.

Por otra parte, esta subregión mantendrá una alta dependencia respecto de los combustibles fósiles tanto en el mediano como en el largo plazo. Se calcula que estas fuentes representarán el 93% de la producción primaria para el año 2030 y el 73% para el año 2100, pero una importante proporción serán destinados a la exportación.

Gráfico No.15: Matriz energética de la Región Andina: escenario integración energética

a) Diversificación lenta

b) Diversificación dinámica



Fuente: Elaboración propia

Dado el tamaño de la generación energética proveniente de Venezuela, conviene analizar las proyecciones para la región andina en la ausencia de este país. En este caso, la demanda de energía se incrementará en factores de 1,3 y 1,9 en el mediano y largo plazo, respectivamente. Bajo condiciones de diversificación lenta, el bloque perderá capacidad de abastecer en forma autónoma sus requerimientos energéticos en el largo plazo. Se calcula que para el año 2100, la producción primaria permitirá satisfacer solamente el 40% de la demanda andina en la ausencia de Venezuela, lo que significa que para

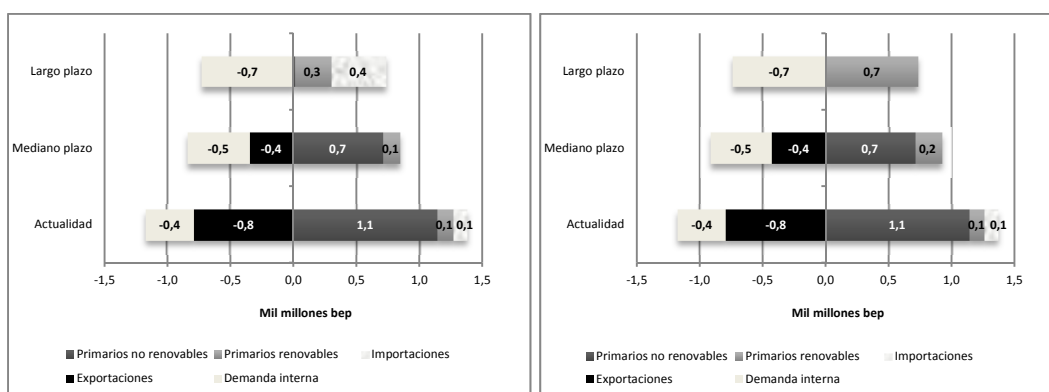
entonces, el 60% de la oferta total del bloque se hallará constituida por insumos importados.

La situación difiere cuando se promueven procesos dinámicos de diversificación energética al interior de este grupo de economías andinas (véase gráfico 16). A mediano plazo se logra garantizar la autonomía energética al interior del bloque e incluso descartar la necesidad de importar energía. Aunque para el año 2030 persiste una alta participación de fuentes no renovables en la producción primaria de la subregión (77%), en el largo plazo se logra minimizar esta dependencia (solamente en Perú se registra un 3% de producción de energía fósil).

Gráfico No.16: Matriz energética de la Región Andina (sin Venezuela), escenario integración energética

a) Diversificación lenta

b) Diversificación dinámica



Fuente: Elaboración propia

En estas condiciones, se puede concluir que la presencia de Venezuela en este bloque permite fortalecer la posición energética de la subregión, porque si el resto de países no emprende acciones de diversificación o éstas son poco dinámicas, la seguridad energética del bloque se pone en riesgo. No obstante, es preciso tomar en cuenta que esta contribución de Venezuela al fortalecimiento energético del bloque se basa esencialmente en fuentes no renovables de energía, cuyo agotamiento puede tener lugar incluso después del período de análisis que se proyecta en este documento, pero se trata de fuentes que generan diversas externalidades, es decir, efectos colaterales entre los que se cuenta un flujo considerable de GEI, con severas consecuencias en el proceso de cambio climático global. En ese marco, también a Venezuela le convendrá la integración energética al bloque andino, porque de esta forma podrá reducir el alto grado de dependencia respecto de combustibles fósiles que caracteriza a su matriz energética.

En ausencia de este país, sin embargo, la región andina también encuentra condiciones que garantizan su seguridad energética en el mediano y en el largo plazo, al combinar un proceso dinámico de diversificación con la integración. Se trata de un escenario en el cual, el desarrollo del bloque se basa en el uso de fuentes renovables de energía, y algunas son consideradas “fuentes limpias” porque minimizan la producción de GEI.

Cono Sur

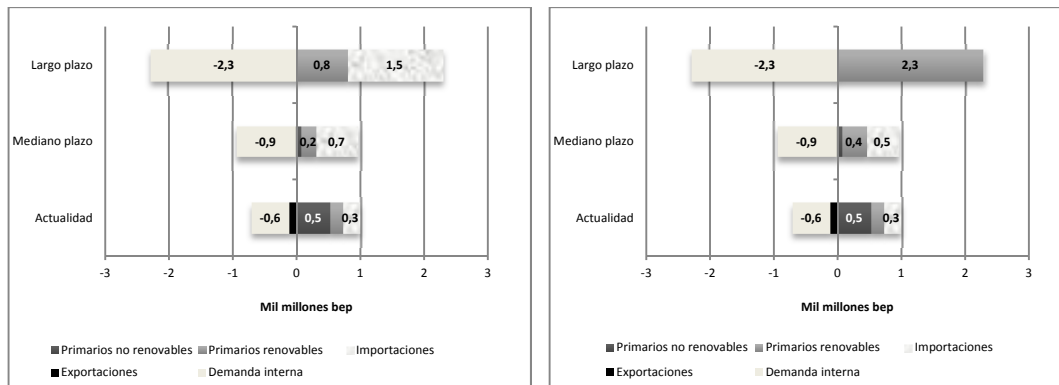
En este bloque energético se encuentran Argentina, Chile, Paraguay y Uruguay. La demanda de energía del cono sur se habrá incrementado en un factor 1,6 hasta el año 2030, y en un factor 3,8 hasta el año 2100. Sin embargo, en el mediano plazo, la producción primaria del bloque no permitirá cubrir todo el consumo doméstico incluso en las mejores condiciones de procesos individuales de diversificación. Se calcula que la subregión requerirá importar el 55% de los recursos energéticos si emprende un proceso dinámico de diversificación, y hasta el 70% si el proceso de diversificación es lento. En la escala individual del bloque, Paraguay es el único país que estará en capacidad de satisfacer en forma autónoma su demanda a partir de su propia producción primaria de energía. En el largo plazo, en cambio, este bloque logra autosuficiencia energética cuando aplica una política de rápida diversificación, que se repite también en la escala individual de países (véase gráfico 17).

En contraste con el bloque andino, el cono sur muestra una moderada participación de fuentes no renovables en su producción primaria. Se calcula que bajo una modalidad dinámica de diversificación, la participación de combustibles fósiles se reduce del 74% al 15% en el mediano plazo, y se elimina del todo en el largo plazo, es decir, que en el largo plazo esta subregión estará en capacidad de abastecer la creciente demanda de energía solamente a partir de fuentes renovables.

Gráfico No.17: Matriz energética del Cono Sur: escenario integración energética

a) Diversificación lenta

b) Diversificación dinámica



Fuente: Elaboración propia

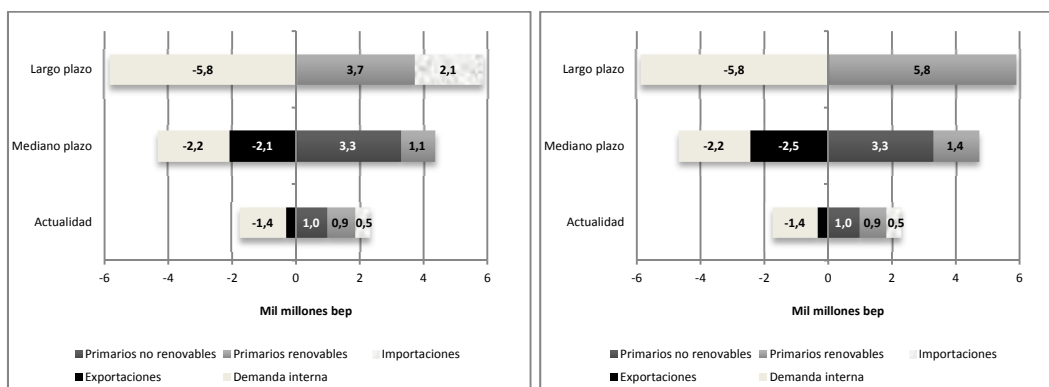
Brasil

Se proyecta que el consumo de este país se incrementará en un factor de 1,6 en el mediano plazo y de 4,1 en el largo plazo. Conforme las estimaciones realizadas, Brasil requerirá un proceso dinámico de diversificación en el mediano y en el largo plazo para satisfacer la demanda interna a partir de su producción primaria. Por otra parte, aunque en el mediano plazo esta economía podrá expandir su capacidad de producción energética a partir de fuentes fósiles, una vez que estas fuentes se agoten, también se hallará en capacidad de expandir la producción de energías renovables y en el largo plazo conseguir autosuficiencia energética con este tipo de recursos (véase gráfico 18).

Gráfico No.18: Matriz energética de Brasil

a) Diversificación lenta

b) Diversificación dinámica



Fuente: Elaboración propia

La contribución de Brasil a la seguridad energética de América Latina o de los bloques (ya sea el andino o el cono sur, conforme defina el interés geopolítico en sus recursos energéticos), se puede medir en términos de su potencial de producción de energía de tipo renovable, aunque si el proceso de diversificación es poco dinámico, esta economía también requerirá importar cerca del 37% de sus insumos energéticos en el largo plazo.

4. Conclusiones

Los escenarios de desarrollo energético que se plantean en este documento evalúan los beneficios de la diversificación e integración desde tres perspectivas: a) la disponibilidad de recursos en un marco de autosuficiencia energética de cada país o de los bloques energéticos intrarregionales, b) la reducida dependencia respecto de la condición de agotamiento que caracteriza a la estructura de generación energética, y c) los beneficios ambientales de la reducción de emisiones de GEI asociada al uso progresivo de fuentes renovables de energía.

El planteamiento de estos escenarios permite concluir que un proceso de transición regional es necesario. Se demuestra que en condiciones inerciales, es decir, en la ausencia de intervención gubernamental, no es posible garantizar la seguridad energética en varios países de la región. Es decir, mientras en el agregado regional existen recursos disponibles para abastecer el consumo energético incluso en el largo plazo, la misma situación no se cumple para todas las economías al interior de la región. La mayor parte de las economías solamente logran cubrir sus necesidades energéticas a partir de una creciente dependencia respecto de los recursos importados, cuya disponibilidad no muestra condiciones de estabilidad.

Otro aspecto que amenaza la situación energética regional bajo condiciones inerciales, es la notable dependencia respecto de las fuentes energéticas no renovables. El consumo creciente que se proyecta para los próximos años se sustenta en estos recursos que se agotan progresivamente. Además, la presencia de impactos ambientales y sociales asociados al cambio climático global originado en el uso de fuentes fósiles, dan cuenta de la necesidad de una transición energética hacia fuentes más limpias, aunque se admite que de una u otra manera, los emprendimientos energéticos de gran magnitud siempre involucran algún tipo de impacto, por lo que se hace necesaria una reducción de la escala de uso de energía y también un uso más eficiente. Estos aspectos

motivaron la modelización de un segundo escenario, que evalúa ciertas condiciones de transición energética.

El segundo escenario analiza el potencial de una política orientada hacia la diversificación de fuentes de energía, que es complementada con la reducción en la escala de consumo regional, cuyo límite, se asume, está determinado por las necesidades domésticas de cada economía. La principal conclusión de esta evaluación es que la sola diversificación energética no permite resolver los desafíos de la seguridad energética regional.

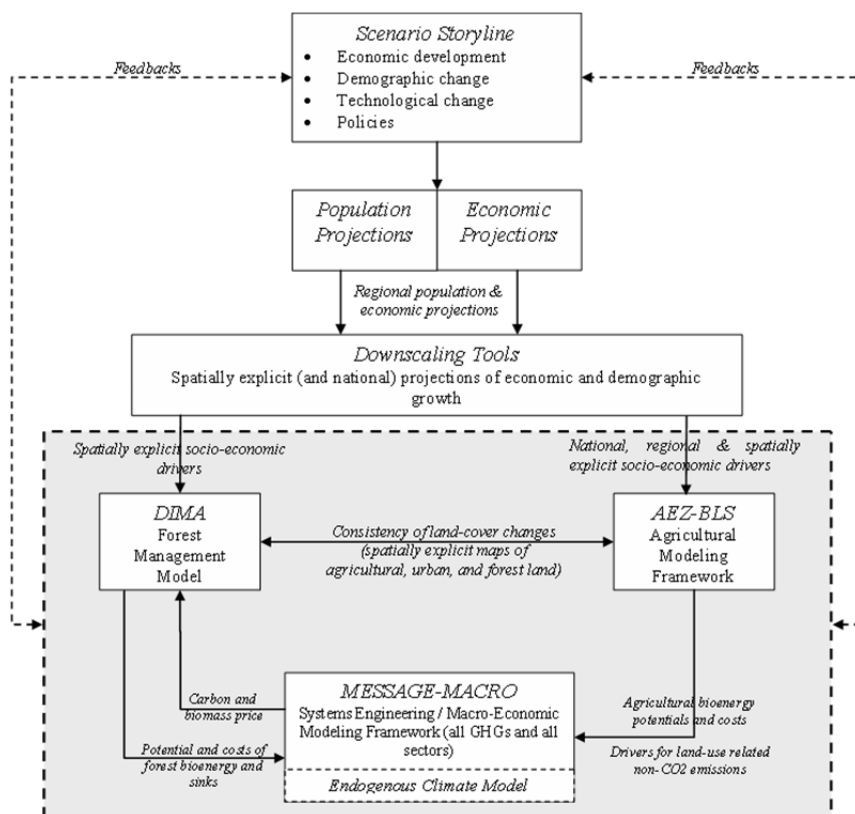
Solamente condiciones de rápida diversificación permiten a la región reducir la dependencia respecto de las fuentes fósiles y los recursos energéticos importados. Y aunque los resultados obtenidos muestran que es preciso reconocer que las fuentes fósiles seguirán siendo una parte fundamental del abastecimiento energético de la región; a su vez, será fundamental emprender una estrategia regional para la integración energética porque las fuentes renovables requieren cuantiosas inversiones para su desarrollo e instalación, difíciles de conseguir con la acción aislada de estas naciones.

El tercer escenario apunta en esa dirección. Se combinan tres elementos en la evaluación realizada: a) condiciones de diversificación energética, b) reducción en la escala de consumo energético, e c) integración energética intrarregional. La principal conclusión en torno a esta evaluación es que las condiciones de autosuficiencia de los bloques intrarregionales analizados solamente se pueden garantizar en la medida en que se promuevan condiciones de diversificación dinámica, que se potencian mejor bajo el funcionamiento de bloques, que con esfuerzos individuales.

Aunque en este estudio se recogen las principales dimensiones del problema de seguridad energética que caracteriza a la región latinoamericana y se orienta con algunas directrices de política pública para consolidar condiciones sostenibles en el largo plazo, la complejidad del problema implica una simplificación de otros aspectos que también resultan ser fundamentales. Un elemento importante que haría falta abordar en este estudio es el marco institucional y regulatorio para la transición energética de la región. Se ha explicado que la proliferación de acuerdos bilaterales es tanto causa como consecuencia del espinoso proceso de cooperación multilateral intrarregional que no logra consolidarse. Este elemento, junto con una evaluación detallada de la relación costo-efectividad de los distintos escenarios de transición energética, son los aspectos que se plantea desarrollar en futuras investigaciones.

RECUADRO No.1

La evaluación integrada en un marco de modelación permite combinar diferentes disciplinas, que operan a distintas escalas espaciales. Abarca a todos los sectores emisores de gases de efecto invernadero. La integración se logra a través de una serie enlaces fuertes y otros débiles entre los componentes individuales, condición que garantiza la coherencia y verosimilitud del escenario interno.



Fuente: IIASA Integrated Assessment Modeling Framework

Bibliografía

Banco Mundial. (2011). *World Development Indicators*. Washington, DC. Estados Unidos: Banco Mundial.

BP Statistical Review of World Energy, Junio 2011.

Bruckner, T., Chum, H., Jäger-Waldau, A., Killingtveit, A., Gutiérrez-Negrín, L., Nyboer, J., Musial, W., Verbruggen, A., Wisser & R. (2011): Annex III: Cost Table. En *IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*. Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Seyboth, K., Matschoss, P., Kadner, S., Zwickel, T., Eickemeier, P., Hansen, G., Schlömer, S. & von Stechow, C. (eds). Cambridge, Reino Unido y Nueva York, Estados Unidos: Cambridge University Press.

Castro, Miguel. (2011). *Hacia una matriz energética diversificada en Ecuador*. Quito: CEDA.

Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Seyboth, K., Matschoss, P., Kadner, S., Zwickel, T., Eickemeier, P., Hansen, G., Schlömer, S. & von Stechow, C. (eds). (2011). *IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*. Cambridge, Reino Unido y Nueva York, Estados Unidos: Cambridge University Press.

Farrell, A., Plevin, R., Turner, B., Jones, A., O'Hare, M. & Kammen, D. (2006). Ethanol can contribute to energy and environmental goals. *Science*, 311, 506-508.

Global Wind Energy Council (GWEC). (2010). *Global Wind Report. Annual market update 2010*. Bruselas, Bélgica: GWEC.

González, M., Acosta, J., Guzmán, O., Obando, E., Pinguelli, L., Celi, P., Medinaceli, M., González, D. & Sohr, R. (2008). *El factor energético y las perspectivas de integración de América del Sur*. Caracas, Venezuela: ILDIS, FES.

Hall, C., Cleveland, C. & Kaufmann, R. (1986). *Energy and resource quality. The ecology of the economic process*. New York, Estados Unidos: John Wiley & Sons.

International Energy Agency (IEA). (2004). *Biofuels for transport. Task 39*.

IEA. (2011). *World Energy Outlook 2011*. París, Francia: OECD, IEA.

International Institute for Applied System Analysis (IIASA). (2009). *GGI Scenario Database Version 2.0*. Luxemburgo: International Institute for Applied Systems Analysis. Disponible en: <http://www.iiasa.ac.at/Research/GGI/DB/>

Jevons, W. (1865). *The Coal Question: An Inquiry Concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of Our Coal-Mines*. Londres, Inglaterra: Macmillan.

Kozulj, R. (2010). La participación de las fuentes renovables en la generación de energía eléctrica: inversiones y estrategias empresariales en América Latina y el Caribe. Santiago de Chile: Naciones Unidas.

Martínez-Alier, J. (2006). *Economía Ecológica y Política Ambiental*. México, Fondo de Cultura Económica.

Martínez-Alier, J. (2008). Decrecimiento sostenible: París, abril del 2008. *Ecología Política*, 35, 51-58.

Organización Latinoamericana de Energía (OLADE). (2012). *Sistema de Información Económica y Energética (SIEE)*. Quito, Ecuador: OLADE.

OLADE. (2011). "La integración para la seguridad energética en América Latina y el Caribe". VI Foro de Integración Energética Regional. Panamá, 24-25 de octubre de 2011: OLADE.

OLADE. (2010). *Informe de Estadísticas Energéticas 2010*. Quito, Ecuador: OLADE.

OLADE. (2008). Prospectiva energética de América Latina y el Caribe. Escenarios energéticos al 2032. Primer taller de trabajo – América del Sur. Lima, Perú: OLADE.

Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC). (2011). *Annual Statistical Bulletin 2010/2011*. Viena, Austria: OPEC.

Oxilia, V. & Luna, N. (2011). Perspectivas de desarrollo energético en América Latina y el Caribe. *Enerlac*, 3(3): 11-24.

Parlamento Europeo (2009). Reglamento (CE) No. 1005/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo de la Unión Europea de 16 de septiembre de 2009 sobre las sustancias que agotan la capa de ozono. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L 286/1. 31 de octubre de 2009. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:286:0001:0030:ES:PD>
E

Pimentel, D. (2001). The limitations of biomass energy. En Meyers, R., (Ed.), *Encyclopedia of Physical Science and Technology*. San Diego, CA, Estados Unidos: Academic. pp. 159-171.

Pimentel, D. & Patzek, T. (2005). Ethanol production using corn, switchgrass, and wood; biodiesel production using soybean and sunflower, *Natural Resources Research*, 14(1), 65-76.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2012). *Tendencias mundiales de la inversión en energía renovable en 2011*. Washington: PNUMA.

Ruiz-Caro, A. (2006). Cooperación e integración energética en América Latina y el Caribe. Serie Recursos Naturales e Infraestructura, Santiago de Chile: CEPAL.

Sastre, S., Peguero, G., Lomas, P., Di Donato, M. (2008). Crítica y perspectivas de los AGRO(bio)combustibles: el caso de Cataluña en el contexto español. *CIP-Ecosocial, Dossier*, 1(1), 1-18.

World Energy Council (WEC). (2008). *Regional Energy Integration in Latin America and the Caribbean*. Londres, Inglaterra: WEC.

World Watch Institute (WWI), Agency for Technical Cooperation (GTZ) & Agency of Renewable Resources (FNR). (2006). *Biofuels for transportation: Global potential and implications for sustainable agriculture and energy in the 21st century*. Washington, DC., Estados Unidos: WWI, GTZ.