



Generación de electricidad a partir de energías renovables en América del Sur

Análisis comparativo de las previsiones y los balances energéticos de Bolivia, Chile y Brasil

Universidad Católica Boliviana "San Pablo"
Instituto de Investigaciones Socio-Económicas

La Paz, 2013

Pie de imprenta

Autor:

Carlos Díaz Valdivia, Bolivia

Autores colaboradores:

Dr. Javier Aliaga Lordemann,
Bolivia

Prof. José Baltazar S. O. Andrade
Guerra, Brasil

Adriana Bueno Lanchez, Bolivia

Bruno Campos Rubilo, Chile

Erick Cerquera, Brasil

Carmen Crespo, Bolivia

Manuel Díaz Romero, Chile

Sierra Foster, Brasil

Dr. Guillermo Jiménez Estévez,
Chile

Raúl Rubín de Celis, Bolivia

Alek Suni, Brasil

Dr. Luis S. Vargas, Chile

Prof. Youssef Ahmad Youssef,
Brasil

Esta publicación es un resumen
de un estudio elaborado por los
autores colaboradores.

Fotografía:

Fotolia.com

istockphoto.com

Contacto:

Universidad Católica Boliviana
"San Pablo"

Instituto de Investigaciones
Socio-Económicas

Dr. Javier Aliaga,

Adriana Bueno Lanchez

E-mail: abueno@ucb.edu.bo

Sitio web:

<http://www.iisec.ucb.edu.bo>

Universidad de Ciencias
Aplicadas de Hamburgo
(HAW Hamburg)

Facultad de Ciencias de la Vida

Centro de Investigación y
Transferencia

"Applications of Life Sciences"

Prof. Dr. Walter Leal,

Julia Gottwald,

Veronika Schulte

E-mail: regsa@ls.haw-hamburg.de

Para más información, visite:

www.regsa-project.eu

Este folleto ha sido elaborado
con la ayuda de la Unión
Europea. El contenido de esta
publicación es responsabilidad
exclusiva del consorcio del
proyecto REGSA y en ningún
caso refleja la opinión de la
Unión Europea. La impresión de
este documento se ha realizado
mediante procedimientos con un
bajo nivel de emisiones de CO₂.

Índice

1. Sistemas energéticos	4
1.1 Energía primaria	4
1.2 Energía secundaria	5
1.3 Oferta interna bruta total (OIBT)	6
1.4 Generación de energía eléctrica	7
1.5 Exportaciones e importaciones	8
2. Escenario tendencial (business as usual) y escenario de mitigación	10
3. Conclusiones	17

1. Sistemas energéticos

1.1 Energía primaria

La producción de energía primaria de Bolivia asciende a 133.525 kbep y está compuesta principalmente de gas natural en casi un 80%, seguido de petróleo (13%), biomasa (6%) y energía hidráulica (1%). El 66% de la producción de energía primaria se destina a la exportación. El 94% de las exportaciones son de gas natural, con Argentina y Brasil como destino. El sector del transporte consume el 60% de la producción de energía primaria, seguido del sector industrial (21%) y residencial (18%).

Por su parte, la producción de energía primaria de Chile es de 61.530 kbep, es decir, solo el 54% de la de Bolivia. La producción primaria de Chile se compone principalmente de un 52% de biomasa (madera), seguida de energía hidráulica (22%), gas natural (21%), carbón (3%), petróleo (1,5%) y energía eólica y biogás. Dicha producción está destinada en su totalidad al consumo interno, siendo el transporte el sector con mayor consumo, como sucede en Bolivia.

La producción de energía primaria de Brasil asciende a 1.969.967 kbep y supera con creces la de Bolivia y Chile. En términos comparativos, la producción primaria de Bolivia y Chile representa el 5% y el 3%, respectivamente, de la

de Brasil. En este sentido, la producción primaria de Brasil está compuesta principalmente de un 38% de petróleo, seguido de caña de azúcar (18%), energía hidráulica (14%), biomasa (10%), gas natural (10%), carbón (5%), otros (4%) y uranio (1%). Además, los sectores del transporte y de la industria consumen casi el 70% de la producción total de energía primaria.

Con respecto a la dependencia de los recursos fósiles no renovables, se puede afirmar que Bolivia muestra una mayor dependencia en comparación con Brasil y Chile. Esto resulta evidente, ya que el 93% de su producción de energía primaria corresponde a recursos fósiles no renovables, en especial gas natural y petróleo. Si comparamos los tres países, la producción de energía primaria de Chile muestra menor dependencia de los recursos fósiles no renovables, ya que representan solo el 25% de la producción primaria. La producción primaria de Brasil presenta un mayor equilibrio en lo que se refiere a su dependencia de los recursos no renovables. En este sentido, el 53% de la producción primaria corresponde a este tipo de recursos, mientras que el 47% restante de la producción primaria corresponde a recursos renovables, un valor 8 veces superior a la producción

Tabla 1: Resumen de la energía primaria de Bolivia, Chile y Brasil

País	Bolivia	Chile	Brasil
Energía primaria	Producción: 113.525 kbeq	Producción: 61.530 kbeq	Producción: 1.969.967 kbeq
Fuentes	Gas natural: 79,6% Petróleo: 13,4% Biomasa: 5,6% Energía hidráulica: 1,2%	Madera: 52,0% Energía hidráulica: 22,0% Gas natural: 21,0% Carbón: 3,0% Petróleo: 1,5% Eólica: 0,3% Biogás: 0,1%	Petróleo: 38,0% Caña de azúcar: 18,0% Energía hidráulica: 14,0% Biomasa: 10,0% Gas natural: 10,0% Carbón: 5,0% Otros: 4,0% Uranio: 1,0%
Destino	Exportaciones: 66,0% (94,0% gas natural) Consumo interno: 33,0%	Consumo interno: 100,0%	Consumo interno: 100,0%
Sector	Transporte: 59,0% Industria: 21,0% Residencial: 18,0%	Transporte: > 50,0%	Transporte e industria: 70,0%

Fuente: Elaboración propia

total de energía primaria de Bolivia y 15 veces superior a la de Chile.

1.2 Energía secundaria

La producción de energía secundaria de Bolivia asciende a 23.029 kbeq y representa solo el 12% y el 1,4% de la producción secundaria de Chile y Brasil, respectivamente. En este sentido, la producción secundaria de Bolivia está constituida principalmente por un 39% de diésel, gasolina (26%), electricidad (17%), GLP (13,5%) y otros (4,6%). Por sectores, la producción de energía secundaria se destina principalmente al

sector del transporte (35%), seguido del sector industrial (25%) y residencial (18%). Por consiguiente, también en el caso de la producción de energía secundaria hay una gran dependencia de los recursos energéticos fósiles, ya que estos representan casi el 80% de la producción.

La producción secundaria de Chile es de 188.000 kbeq, lo que representa el 12% de la producción secundaria de Brasil y supera 8 veces la de Bolivia. De manera similar al caso de Bolivia, la producción secundaria de Chile está constituida por producción de diésel (24%), gasolina

(20%) y electricidad (18%). Además, el sector del transporte consume el 35% de estos combustibles, seguido del sector comercial y residencial (25%), la industria (24%) y la minería (13%). En menor medida que en Bolivia, la dependencia de la energía fósil afecta al 44% de la producción secundaria de Chile.

La producción de energía secundaria de Brasil asciende a 1.577.394 kbepe y es 68 veces superior a la de Bolivia y 8 veces superior a la de Chile. Al igual que en los casos anteriores, esta producción está constituida por diésel y electricidad, con un 16% cada uno. Les sigue la caña de azúcar (12%), biomasa (8%), gas natural (7%) y gasolina (7%). En el caso de este país y en comparación con

Bolivia y Chile, el alcohol de caña de azúcar desplaza a la producción de gasolina, ya que existe un gran consumo de esta fuente energética en el sector del transporte.

1.3 Oferta interna bruta total (OIBT)

El consumo interno neto total de Bolivia alcanzó 38.050 kbepe, de los cuales un 43% corresponde a petróleo y derivados. El gas natural, destinado en una parte importante a la generación termoeléctrica, supone el 38% del consumo neto total. La biomasa representa el 14% y la energía hidráulica el 5% de la oferta interna bruta. El 97% del consumo interno total corresponde

Tabla 2: Resumen de la energía secundaria de Bolivia, Chile y Brasil

País	Bolivia	Chile	Brasil
Energía secundaria	Producción: 23.029 kbepe	Producción: 188.000 kbepe	Producción: 1.577.394 kbepe
Fuentes	Diésel: 39,0% Gasolina: 26,0% Electricidad: 17,0% GLP: 13,5% Otros: 4,6%	Diésel: 24,0% Gasolina: 20,0% Electricidad: 18,0% Biomasa: 17,0%	Diésel: 16,0% Electricidad: 16,0% Caña de azúcar: 12,0% Biomasa: 8,0% Gas natural: 7,0% Gasolina: 7,0%
Sector	Transporte: 35,0% Industria: 25,0% Residencial: 18,0%	Transporte: 35,0% Comercial/residencial: 25,0% Industria: 24,0% Minería: 13,0%	Transporte: 41,0% Industria: 32,0% Residencial: 10,0%

Fuente: Elaboración propia

a producción interna, y el 3% restante a importaciones, especialmente de diésel y aceites. De nuevo existe una importante dependencia de las fuentes ener-

seguidos de gas natural (14%), madera (14%), carbón (13%) y energía hidráulica (6%). Un aspecto destacable de la combinación energética de Chile y de su

Tabla 3: Resumen OIBT de Bolivia, Chile y Brasil

País	Bolivia	Chile	Brasil
Oferta interna bruta total (OIBT)	Oferta: 38.050 kbep	Oferta: 246.019 kbep	Oferta: 1.767.120 kbep
Fuentes	Petróleo y derivados: 43,0% Gas natural: 38,0% Biomasa: 14,0% Energía hidráulica: 5,0%	Petróleo y derivados: 53,0% Gas natural: 14,0% Madera: 14,0% Carbón: 13,0% Energía hidráulica: 6,0%	Petróleo y derivados: 37,0% Gas natural: 9,0% Madera y carbón vegetal: 12,0% Biomasa: 16,0% Energía hidráulica: 15,0%
Origen	Producción Interna: 97,0% Importaciones: Secundaria: 3,0%	Producción Interna: 27,0% Importaciones Primaria: 51,0% Secundaria: 22,0%	Producción Interna: 92,0% Importaciones Secundaria: 8,0%

Fuente: *Elaboración propia*

géticas fósiles, puesto que el 81% del consumo interno de Bolivia procede de estas fuentes.

Chile tiene un consumo interno neto total de 246.019 kbep, es decir, más de 6 veces el consumo interno neto total de Bolivia. Sin embargo, muestra una dependencia muy similar a Bolivia en lo referente a recursos fósiles no renovables, ya que estos suponen el 80% del consumo interno. De forma desglosada, se puede apreciar que el 53% del consumo corresponde a petróleo y derivados,

consumo interno de energía es que más del 73% de esta energía procede de fuentes externas (importaciones) y solo el 27% se produce en el país.

1.4 Generación de energía eléctrica

La generación eléctrica de Bolivia asciende a 3.973 GWh y representa el 7% y el 1% de la generación eléctrica de Chile y Brasil, respectivamente. Esta generación procede en un 60% de centrales termoeléctricas con una ca-

Tabla 4: Resumen de la generación eléctrica de Bolivia, Chile y Brasil

País	Bolivia	Chile	Brasil
Generación de energía eléctrica	Generación: 3.973 GWh	Generación: 60.138 GWh	Generación: 482.600 GWh
Fuentes	Termoeléctrica: 60% Hidroeléctrica: 40%	Termoeléctrica: 60% Hidroeléctrica: 40%	Hidroeléctrica: 67% Termoeléctrica: 30% Nuclear: 2% Eólica: 1%
Capacidad	Termoeléctrica: 854 MW Hidroeléctrica: 372 MW	Información no disponible	Total: 117.135 MW

Fuente: Elaboración propia

capacidad total instalada de 854 MW. El 40% restante corresponde a centrales hidroeléctricas con una capacidad instalada de 372 MW. La generación eléctrica de Chile alcanza 60.138 GWh y está compuesta, de manera similar al caso de Bolivia, de un 60% de generación termoeléctrica y un 40% de generación hidroeléctrica.

En comparación con Bolivia y Chile, la generación eléctrica de Brasil es extremadamente superior, ya que asciende a 482.600 GWh, es decir, más de 100 veces la de Bolivia y 8 veces la de Chile. La capacidad total instalada de Brasil es de 117.135 MW, de los cuales un 67% corresponde a energía hidráulica, un 30% a termoelectricidad, un 2% a energía nuclear y un 1% a eólica. En este sentido, Brasil tiene una generación eléctrica más limpia que Bolivia y Chile, ya que el 68% pro-

cede de fuentes renovables. Además, es el único país de los analizados en el que es significativa la generación de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables no convencionales (ERNC).

1.5 Exportaciones e importaciones

Como se ha mencionado anteriormente, las exportaciones de energía primaria de Bolivia ascienden a 69.469 kbp y se componen en un 94% de gas natural, con destino Argentina y Brasil, y en un 6% de petróleo. En lo referente a las importaciones, el principal producto de importación de Bolivia es el diésel, que supone el 80% de la importación total de energía (5.213 kbp). El 20% restante corresponde a gasolina, aceites y grasas. De esta forma, resulta evidente el perfil energético exportador de Bolivia.

Tabla 5:
Resumen de las exportaciones e importaciones de Bolivia, Chile y Brasil

País	Bolivia	Chile	Brasil
Exportaciones	69.469 kbep	7.490 kbep	
Energía primaria	Gas natural: 94,0% Petróleo: 5,8%	Ninguna	
Energía secundaria		Metanol Derivados del petróleo	
Importaciones			
Energía primaria	Ninguna	127.189 kbep Petróleo crudo: 50,0% Carbón: 30,0% Gas natural: 20,0%	326.463 kbep Gas natural: 23,0% Carbón: 34,0%
Energía secundaria	Total: 5.213 kbep Diésel: 80,0% Gasolina, aceites y grasas: 20,0%	56.621 kbep Diésel: > 60,0%	143.641 kbep Electricidad

Fuente: *Elaboración propia*

Las exportaciones de energía secundaria de Chile ascienden a 7.490 kbep. Estas exportaciones se centran principalmente en la producción de metanol y algunos derivados del petróleo. Aunque las exportaciones de energía de Chile no son significativas si las comparamos con las de Bolivia y Brasil, las importaciones de energía primaria sí que alcanzan un importante volumen de 127.189 kbep y corresponden a importaciones de petróleo crudo en un 50%, carbón (30%) y gas natural (20%).

Además, las importaciones de energía secundaria alcanzan la cifra considerable de 56.621 kbep y correspon-

den en más de un 60% a diésel. De esta forma, se observa claramente el perfil energético importador de Chile, ya que las exportaciones suponen solo el 5% de las importaciones de energía primaria, el 13% de las importaciones de energía secundaria y el 4% del total de importaciones. Por último, en el caso de Brasil no existen datos exactos sobre sus exportaciones e importaciones. No obstante, se sabe que es un importante exportador de petróleo y un gran importador de electricidad (especialmente de la binacional Itaipú), de gas natural (de Bolivia) y de carbón.

2. Escenario tendencial (business as usual) y escenario de mitigación

Las previsiones para el consumo de energía por sectores en Bolivia muestran que en el año 2025 el consumo total de energía alcanzará 57.908 kbep en el escenario tendencial y 53.210 kbep en el escenario de mitigación. Esto supone un crecimiento del consumo total de energía del 82% en el escenario tendencial y del 67% en el escenario de mitigación en comparación con el

consumo del año base (2007). La implementación de políticas de eficiencia energética logrará reducir el consumo de energía en 4.698 kbep, el 15% del consumo del año base. En el caso de Brasil, no hay cambios en el consumo ni en la demanda, ya que los efectos del modelo integrado de mitigación LEAP se deben al cambio tecnológico (capacidad de procesamiento) y a la sustitución

Tabla 6. Previsiones del consumo neto de energía por sectores 2007-2025 (kbep)

País Sectores	Bolivia			Chile			Brasil		
	Año base 2007	Previsión 2025		Año base 2007	Previsión 2025		Año base 2010	Previsión 2030	
		Tendencial	Mitigación		Tendencial	Mitigación		Tendencial	Mitigación
Residencial	5.586	9.283	7.069	37.100	43.700	41.600	174.087	253.244	253.244
Comercial y servicios	839	1.658	1.396	7.400	15.400	14.700	74.399	183.250	183.250
Consumo propio	2.846	6.507	6.507	7.100	16.900	16.900	183.250	419.642	419.642
Industria y minería	10.744	21.328	19.008	66.500	151.800	139.700	628.547	115.447	115.447
Transporte	11.225	17.853	17.951	62.900	172.300	172.300	513.100	1.099.500	1.099.500
Agricultura y ganadería	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	72.933	148.433	148.433
No energético	631	1.279	1.279	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Total	31.871	57.908	53.210	181.000	400.100	385.200	1.646.316	2.219.516	2.219.516

Fuente: Resultados del modelo LEAP

ción de combustibles. Este es el motivo por el que el consumo es el mismo en ambos escenarios. Las acciones implementadas de manera especial en el país apuntan a estrategias de eficiencia no calculadas en el LEAP.

alcanzará una disminución del consumo de energía de 14.900 kbep con respecto al escenario tendencial. Esta disminución equivale al 8% del consumo total de energía del año base de Chile y al 46% del de Bolivia.

Tabla 7: Previsiones del ahorro de energía por sectores 2007-2025

País	Bolivia		Chile	
	kbep	% año base	kbep	% año base
Sectores				
Residencial	2.214	40	2.100	6
Comercial y servicios	262	30	700	9
Consumo propio	0	0	0	0
Industria y minería	2.320	33	12.100	18
Transporte	-98	-1	0	0
No energético	0	0	n.a.	n.a.
Total	4.698	15	14.900	8

Fuente: Elaboración propia

Chile muestra un consumo energético 7 veces superior al de Bolivia, ya que para el año 2025 el consumo total de energía alcanzará 400.100 kbep en el escenario tendencial y 385.200 kbep en el escenario de mitigación. Esto implica un crecimiento del consumo total de energía durante el período 2007-2025 de más de un 120% en el escenario tendencial y de un 113% en el escenario de mitigación. En términos de ahorro de energía como consecuencia de medidas de eficiencia energética, en el año 2025 se

El consumo total de energía en Brasil en el año base asciende a 1.646.316 kbep, y se calcula que en el año 2030 este consumo será de 2.219.516 kbep. Este incremento supone un aumento del 35% del consumo total de energía durante el período 2010-2030. El consumo de energía de Brasil en el año base equivale a 51 veces el consumo de Bolivia y a 9 veces el consumo de Chile.

De forma desglosada, se puede observar que el ahorro energético más im-

portante, en términos de porcentajes en comparación con el año base, tendrá lugar en la combinación energética de Bolivia, mientras que el mayor ahorro energético en términos de volumen (barriles equivalentes de petróleo) se producirá en la combinación energética de Chile.

En este sentido, el ahorro energético en el sector residencial de Bolivia para el año 2025, como consecuencia de las medidas de eficiencia energética y de mitigación, será del 40% (2.214 kbep) del consumo del año base. Asimismo, para el año 2025, el ahorro en el consumo energético de los sectores comercial y servicios e industrial será del 31% (262 kbep) y 22% (2.320 kbep), respectivamente, del consumo del año base. Un aspecto interesante es que el sector del transporte no reducirá su consumo en el escenario de mitigación (únicamente aumentará un 1%, 98 kbep, en comparación con el año base). Esto se debe, en parte, al constante crecimiento del parque de vehículos y a la transición de la gasolina al gas vehicular, que implicará un mayor consumo de este combustible debido a que ofrece una eficiencia ligeramente mayor.

En el escenario de mitigación, Chile muestra un ahorro en el consumo de energía en el sector residencial del 6% (2.100 kbep) en comparación con el año base. En este mismo escenario, el ahorro del sector comercial y de servicios ascien-

de a un 9% (700 kbep). Sin embargo, el ahorro más significativo en el escenario de mitigación se produce en el sector de la industria y la minería, donde se prevé un ahorro del 18%, es decir, 12.100 kbep. En ambos países, los ahorros energéticos más importantes en el escenario de mitigación se producen en el sector de la industria y la minería y en el sector residencial. En términos de volumen, el ahorro del sector residencial es casi el mismo: 2.214 kbep en el caso de Bolivia y 2.100 kbep en el de Chile. Sin embargo, el ahorro en el sector de la industria y la minería de Chile es más de 5 veces superior al ahorro del mismo sector de Bolivia.

Respecto a la previsión de los consumos de energía por fuentes, el consumo de gas natural de Bolivia muestra un comportamiento interesante, ya que en el año base supone el 21% del consumo de energía, y sin embargo, las previsiones apuntan a un importante incremento del uso de este combustible. Las previsiones en el escenario tendencial y en el escenario de mitigación indican que el gas natural alcanzará el 26% y el 36%, respectivamente, del consumo de energía de Bolivia. Este crecimiento en el consumo de gas natural sugiere que sustituirá a otros combustibles energéticos, como la biomasa y la gasolina.

En este sentido, en el año base el consumo de biomasa y gasolina representa

Tabla 8: Previsiones del consumo neto de energía por fuentes 2007-2025 (en %)

País	Bolivia			Chile			Brasil		
	Año base 2007	Previsión 2025		Año base 2007	Previsión 2025		Año base 2007	Previsión 2025	
		Ten-dencial	Miti-gación		Ten-dencial	Miti-gación		Ten-dencial	Miti-gación
Avgas	0	0	0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Biomasa	16	13	8	18	10	10	11	10	10
Bagazo	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	14	14	14
Biodiésel	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2	2
Diésel	24	23	24	25	30	29	23	15	15
Electricidad	10	12	11	19	21	21	19	19	19
Gasolina	12	9	7	10	6	6	6	9	9
Queroseno de aviación	3	3	3	4	6	7	2	2	2
Queroseno	0	0	0	0	0	0	n.a.	n.a.	n.a.
Etanol	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	6	8	8
Metanol	n.a.	n.a.	n.a.	0	0	0	n.a.	n.a.	n.a.
Nafta	n.a.	n.a.	n.a.	1	1	1	n.a.	n.a.	n.a.
Carbón bit.	n.a.	n.a.	n.a.	2	1	1	5	4	3
Petróleo	n.a.	n.a.	n.a.	1	1	1	n.a.	n.a.	n.a.
Coque de petr.	n.a.	n.a.	n.a.	1	1	1	n.a.	n.a.	n.a.
Fueloil residual	n.a.	n.a.	n.a.	9	15	15	5	6	6
GLP	9	8	4	6	4	4	3	2	2
Gas natural	21	26	36	4	4	4	6	9	9
No energética	2	2	2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Gas de refinería	3	4	5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Fuente: Elaboración propia

el 16% y el 12%, respectivamente, del consumo de energía. Ambos combustibles muestran un importante descenso en las previsiones de ambos escenarios.

Por ejemplo, el consumo de biomasa es de un 13% y de un 8% en el escenario tendencial y en el de mitigación, respectivamente. Al mismo tiempo, el consumo

de gasolina en el escenario tendencial y en el de mitigación muestra una participación del 8% y del 7%, respectivamente. El consumo de diésel muestra una participación mucho más estable, ya que en el año base representa el 24% del consumo total, y en los escenarios tendencial y de mitigación mantiene esta participación con el 23% y el 24%, respectivamente. Otro combustible energético con una importante participación (9%) en el año base es el GLP, que en las previsiones de los escenarios tendencial y de mitigación ve reducida su participación al 8% y al 4%, respectivamente.

De manera similar al caso de Bolivia, el consumo de biomasa y gasolina en Chile muestra una disminución considerable en comparación con el año base. En este sentido, el consumo de biomasa y gasolina en el año base suponía el 18% y el 10%, respectivamente, del consumo total. Sin embargo, en el escenario tendencial y en el escenario de mitigación, la participación de estos combustibles energéticos desciende hasta el 10% en el caso de la biomasa y hasta el 6% en el caso de la gasolina. El consumo de electricidad supone el 19% en el año base y presenta una participación ligeramente superior en ambos escenarios, alcanzando el 21%.

El consumo previsto de diésel y fueloil residual muestra un importante aumen-

to en relación con el resto de combustibles de la combinación energética de Chile. En este sentido, el diésel supone el 25% del consumo de energía de Chile en el año base, y se prevé que en el escenario tendencial alcance un 29% del consumo total, y un 30% en el escenario de mitigación. El fueloil residual representa el 9% del consumo energético en el año base, y en ambos escenarios muestra un importante incremento, alcanzando una participación del 15%.

En el análisis de Brasil del LEAP, para el año 2025 la mitigación reducirá las emisiones en el escenario tendencial (704,6) y en el de mitigación (685,9) en millones de TCO₂ equivalentes, apostando de esta forma por buscar y fomentar la eficiencia energética en diferentes clases de consumidores. En este sentido, la participación del diésel en el consumo de energía muestra un importante descenso. En el escenario base, el diésel representaba el 25% del consumo total, y según las previsiones del escenario tendencial este porcentaje se reduciría hasta el 13%. Este descenso se debe principalmente al aumento del consumo de etanol y gas natural, que sustituyen al consumo de diésel.

Es importante resaltar en el caso de Bolivia que, aunque en el escenario de mitigación existe una reducción del consumo de energía en comparación con el escenario tendencial, también es mayor

la participación de fuentes no renovables en el consumo. En el escenario base, el 16% del consumo correspondía a fuentes renovables, especialmente de biomasa, sin embargo, según las previsiones del escenario de mitigación, la participación de fuentes renovables se vería reducida a un 8%. Una situación muy similar puede observarse en el caso de Chile, donde se produce un descenso del consumo de fuentes renovables, como la biomasa, que pasa de un 18% en el escenario base a un 10% en el escenario de mitigación. Esta

situación pone de manifiesto que, si bien las combinaciones energéticas de Bolivia y Chile realizan esfuerzos para reducir el consumo mediante medidas de eficiencia energética, la dependencia de los recursos fósiles se mantiene alta y en ascenso.

Por último, la generación de electricidad de Bolivia en el año base corresponde en un 60% a la generación termoeléctrica y en un 40% a la generación hidroeléctrica. Esta situación permanece invariable en el escenario tendencial hasta el año 2025. Sin embargo, en el

Tabla 9: Previsiones de la generación eléctrica por fuentes 2007-2025 (en %)

País	Bolivia		Chile		Brasil (aprox)	
	2007	2025	2007	2025	2010	2030
Escenario tendencial						
Termoeléctrica	60	60	60	57	25	21
Hidroeléctrica	40	40	40	41	73	75
Geotérmica	0	0	0	1	0	0
Eólica	0	0	0	1	1	3
Nuclear	0	0	0	0	1	1
Total	100	100	100	100	100	100
Escenario de mitigación						
Termoeléctrica	60	41	60	55	23	23
Hidroeléctrica	40	50	40	43	73	73
Geotérmica	0	9	0	1	0	0
Eólica	0	0	0	1	2	2
Nuclear	0	0	0	0	2	2
Total	100	100	100	100	100	100

Fuente: Elaboración propia

escenario de mitigación, la generación hidroeléctrica aumentaría, alcanzando el 50%, y la generación termoeléctrica se reduciría hasta el 41%. En este sentido, se produciría una participación significativa de la generación de energía geotérmica, que en el año 2025 llegaría al 9%.

Chile muestra una participación similar a Bolivia en lo referente a generación de electricidad en el año base, con un 60% de generación termoeléctrica y un 40% de generación hidroeléctrica. En el escenario tendencial, en 2025 la generación termoeléctrica se reduce hasta el 57%, la generación hidroeléctrica aumenta ligeramente, situándose en el 41%, y aparecen la generación de energía eólica y geotérmica, ambas con una participación del 1%. En el escenario de mitigación, la generación termoeléctrica se reduce aún más, hasta un 55% del total, seguida de la generación hidroeléctrica con el 43% y la generación eólica y geotérmica, cada una con una participación del 1%.

La generación de energía eléctrica de Brasil en el año base está compuesta en un 73% de generación hidroeléctrica, seguida de un 13% de generación termoeléctrica y un 1% de generación de energía nuclear y eólica. En el escenario tendencial se observa (aproximadamente) un incremento de la generación hidroeléctrica, que alcanza un 75%, seguida de una reducción de la

generación termoeléctrica, que se sitúa en el 11%, y un aumento de la generación de energía eólica, que llega a un 3% en 2030. La participación de la generación nuclear no varía en este escenario. En la próxima década, 2020-2030, se producirá el agotamiento del potencial hidroeléctrico de uso doméstico. Si se considera que determinados efectos medioambientales son insalvables, se reducirá en gran medida la posibilidad de usar, en el horizonte de este estudio, el potencial hidroeléctrico nacional sin explotar, lo que llevará al país a cubrir una parte importante de la demanda de energía con otras fuentes, no necesariamente más competitivas que la opción hidroeléctrica.

3. Conclusiones

El análisis de los sistemas energéticos de Bolivia, Chile y Brasil muestra varias similitudes en la producción y consumo de energía. El análisis de la energía primaria revela que Bolivia tiene una alta capacidad de producción, en especial de gas natural, que excede al consumo y que se destina principalmente a la exportación. Chile presenta un consumo de energía más alto que Bolivia, pero su producción de energía primaria está muy limitada, lo que le obliga a importar grandes volúmenes de energía (más del 50% de su consumo de energía es importado). Por su parte, Brasil tiene una importante producción de energía primaria, aunque no satisface por completo la demanda y, por tanto, el país recurre a fuentes de importación. Un aspecto interesante de la producción primaria de Brasil es que se encuentra muy diversificada en fuentes renovables y no renovables.

Aunque la producción de energía primaria de Chile es inferior a la de Bolivia, el consumo de energía secundaria de Chile es mucho mayor que el de Bolivia. En los tres países analizados, el consumo de energía secundaria está dominado por el diésel, la electricidad y la gasolina, excepto en Brasil. El consumo de estos combustibles energéticos en los tres países se destina, en

primer lugar, al sector del transporte, seguido del sector industrial y del sector residencial. Al mismo tiempo, en el consumo interno de estos países se ha podido constatar una alta dependencia de los combustibles fósiles no renovables, ya que su consumo alcanza más del 80% del consumo total.

La generación de energía eléctrica de Bolivia y Chile tiene actualmente una estructura muy similar, ya que en ambos países el 60% es de generación termoelectrónica y el 40% hidroeléctrica. Esto implica un elevado uso de combustibles fósiles (gas, diésel y carbón), lo que afecta al medio ambiente. Sin embargo, lo más destacable de la combinación energética brasileña, aparte del alto consumo de alcohol de caña de azúcar en el parque de vehículos, es su alta capacidad de generación de energía hidroeléctrica y la introducción de la generación de energía eólica, las cuales suponen casi el 70% de la generación total de electricidad del país. En comparación con el resto del mundo, la combinación de energía para generar electricidad de Brasil es muy limpia y eficiente.

En cuanto a las previsiones en el escenario de mitigación, se espera que para el año 2025 Bolivia, Chile y Brasil experimenten un incremento en su con-

sumo total de energía del 67%, 113% y 35%, respectivamente. A pesar de que en estos escenarios se aplican diferentes políticas de eficiencia energética en los distintos sectores de la economía, estas reducciones en el consumo no son demasiado significativas en un contexto de consumo neto global y para la consecuente reducción de gases de efecto invernadero (GEI). Al mismo tiempo, las previsiones en el escenario de mitigación ponen énfasis en medidas de eficiencia energética y en el aumento del uso de combustibles más eficientes, como es el caso del gas natural y de algunos derivados del petróleo, como el diésel. Esto se produce en detrimento de la participación de algunas fuentes de energía renovables, especialmente de la biomasa. A largo plazo, esta situación aumenta la cada vez mayor dependencia del consumo de fuentes energéticas fósiles no renovables. Salvo en cuestiones relacionadas con la generación eléctrica, no se observa una reducción del consumo de derivados del petróleo, más bien al contrario, se espera un aumento continuo del consumo de dichos productos con importantes consecuencias sobre el medio ambiente.

Por esta razón, se requieren medidas de eficiencia energética y de mitigación más profundas que las propuestas en este estudio. Para ello, será necesaria

la ayuda de la cooperación internacional, no solo en asuntos financieros, sino también en cuanto a transferencia de tecnologías y formación. También será muy importante el trabajo conjunto de los sectores público y privado, ya que se requieren cantidades importantes de recursos económicos que permitan invertir en programas de alto impacto para la reducción del consumo de energía y de las emisiones de gases de efecto invernadero.



Promoting Renewable
Electricity Generation
in South America

Colaboradores

Alemania · Colaborador principal

Universidad de Ciencias Aplicadas de Hamburgo
(HAW Hamburg)

Facultad de Ciencias de la Vida
Centro de Investigación y Transferencia
"Applications of Life Sciences"

Prof. Dr. Walter Leal, Julia Gottwald, Veronika Schulte



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Lohbruegger Kirchstraße 65
21033 Hamburgo, Alemania
Tel.: +49.40.428 75-6354
Fax: +49.40.428 75-6079
E-mail: regsa@ls.haw-hamburg.de
Sitio web: www.haw-hamburg.de/ftz-als.html

Bolivia

Universidad Católica Boliviana
Instituto de Investigaciones Socio-Económicas
Dr. Javier Aliaga, Adriana Bueno Lanchez
E-mail: abueno@ucb.edu.bo
Sitio web: www.ucb.edu.bo



Brasil

Fundação Universidade do Sul de Santa Catarina
Prof. José Baltazar S. O. Andrade Guerra,
Prof. Arq. Luciano Dutra
E-mail: Baltazar.Guerra@unisul.br
Luciano.Dutra@unisul.br
Sitio web: www.unisul.br



Chile

Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Dr. Luis S. Vargas, Dr. Guillermo Jiménez Estévez,
Manuel Díaz Romero
E-mail: gjimenez@ing.uchile.cl
Sitio web: www.die.uchile.cl



Para más información, visite:

www.regsa-project.eu