

DESA - Naciones Unidas

Proyecto:

Integración del Cambio Climático en los Programas Nacionales de Desarrollo Sostenible para América Latina y el Caribe



ENERGÉTICA

ENERGÍA PARA EL DESARROLLO





DESA - Naciones Unidas

Proyecto:
Integración del Cambio Climático en los Programas Nacionales
de Desarrollo Sostenible para América Latina y el Caribe

Cambio Climático, Agua y Energía en Bolivia



ENERGÉTICA
ENERGÍA PARA EL DESARROLLO





DESA - Naciones Unidas

Proyecto:

Integración del Cambio Climático en los Programas Nacionales
de Desarrollo Sostenible para América Latina y el Caribe

Cambio Climático, Agua y Energía en Bolivia



ENERGÉTICA

ENERGÍA PARA EL DESARROLLO

Presentación

Esta publicación es producto de un estudio internacional, liderado por el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas (UNDESA), sobre los temas de Cambio Climático, Agua y Energía que se desarrolla en Grenada, Guatemala y Bolivia.

En el caso de Bolivia, se refleja la complejidad de los cambios que vive el país, producto de la intensa transformación que está viviendo. Así destaca la posición boliviana respecto al cambio climático, y su posición internacional que tiene como eje el concepto de la protección de la Madre Tierra. En cuanto al agua se muestra los problemas que se perciben en el país como efectos del cambio climático, y las diferentes estrategias que se están desarrollando para intentar adaptar las comunidades a esta situación de riesgo.

Finalmente se muestra una evaluación global del sector energético boliviano y, la amplia experiencia con que cuenta el país en temas de energías renovables, tanto en aspectos tecnológicos, normativos, de gestión y de inserción social en medios rurales indígenas.

Reconocimientos:

Este estudio es parte de la implementación del proyecto sobre “Integración del Cambio Climático en las Estrategias y Planes Nacionales de Desarrollo Sostenible de América Latina y el Caribe” financiado por la Cuenta de Desarrollo de las Naciones Unidas, proyecto que ha sido ejecutado con el apoyo del Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas, a través de su Dirección General de Energías Alternativas y la oficina de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUUDI).

Este trabajo generaliza y sintetiza los importantes hallazgos de investigación y aportes reflexivos plasmados en estudios previos, entre los que cabe resaltar los realizados por el Programa Nacional de Cambio Climático, el Instituto de Hidráulica e Hidrología de la UMSS, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Energética y otras instituciones involucradas en estas temáticas.

La preparación de este reporte, tiene como responsable a Miguel H. Fernández F., con la cooperación de Gustavo Rodríguez C. Adicionalmente se ha contado con el apoyo de Renán Orellana L. y Edgar Terrazas V., todos ellos personal de ENERGETICA, quienes han participado en los talleres de discusión, mesas de trabajo e intercambio de información con equipos de trabajo de otros países, lo que ha permitido afinar este documento.

Agradecemos las sugerencias, observaciones, apoyo y colaboración recibida de Juan Manuel Gonzales Flores, Cesar R. Sevilla L. y Raúl Villarroel Barrientos, tanto en la realización del estudio como en la ejecución de los diferentes talleres de socialización.

Por parte de UNDESA, el estudio fue desarrollado bajo la dirección de Kathleen Abdalla y el director de proyecto y coordinador fue Ivan Vera.

Nota:

Las apreciaciones y opiniones expresadas en este documento no necesariamente representan las de la Secretaría de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) o de UNDESA/DSD. Las designaciones o terminología utilizada y concerniente al status legal de cualquier país, territorio, ciudad y/o área con autoridades, así como asuntos relacionados a delimitación de fronteras no implican la expresión u opinión de la Secretaría de la Organización de las Naciones Unidas o de UNDESA/DSD. La designación de grupos de países en el texto, figuras, o tablas se ha realizado únicamente para aspectos analíticos y no representan ningún juicio sobre el estado de desarrollo alcanzado por un país en particular. La mención de nombres o firmas y productos comerciales no implica ninguna aprobación por parte de la ONU. Este documento ha sido preparado sin una formal edición.

Índice

	Página
1. Introducción	1
2. Revisión de la política boliviana sobre cambio climático	2
3. El ciclo del agua y el cambio climático en Bolivia	6
3.1. Alteraciones del ciclo hidrológico	6
3.2. Eventos adversos relacionados con el ciclo del agua	12
3.3. Disponibilidad de agua dulce en Bolivia	14
4. Energía y cambio climático	17
4.1. Potencial hidrocarburífero en Bolivia	17
4.2. El potencial energético renovable	19
4.3. Producción y consumo de energía en Bolivia	25
4.4. Emisiones de GEI del sector energético boliviano	33
5. El rol de la energía en el área rural boliviana	34
5.1. Consumo energético en el área rural	34
5.2. Demandas energéticas rurales	36
6. Inserción de las energías renovables en Bolivia	37
6.1. Contexto para las energías renovables	37
6.2. Tecnologías de energías renovables para el área rural	38
6.3. Tecnologías de energías renovables para el área urbana	42
6.4. Tecnologías de energías renovables para la interconexión en el SIN	44
7. Marco legal y políticas públicas para energía renovable	45
7.1. La nueva Constitución Política del Estado	45
7.2. El Plan Nacional de Desarrollo	46
7.3. Plan de Universalización del Servicio de Electricidad 2011-2025	47
7.4. La Ley de electricidad 1604	48
7.5. El Programa Electricidad para Vivir con Dignidad	49
7.6. Normas Técnicas	50

	Página
8. Marco institucional para las energías renovables	51
8.1. Evaluación del rol de las instituciones públicas	51
8.2. Evaluación del sector empresarial	55
8.3. Instituciones financieras	56
8.4. Evaluación de las organizaciones no gubernamentales	56
8.5. Evaluación de las organizaciones de cooperación internacional	57
9. Propuestas: Integrando la visión de cambio climático y la energía renovable en las políticas públicas bolivianas	59
9.1. Sobre la política pública en cambio climático	59
9.2. Sobre los recursos hídricos y el cambio climático	60
9.3. Sobre el sector energético y la emisión de GEI	60
9.4. Sobre el financiamiento de energías renovables y eficiencia energética	61
9.5. Sobre la introducción y utilización de energías renovables	61
9.6. Sobre la sostenibilidad de las energías renovables en el área rural	62
9.7. Sobre la regulación sistemas de energías renovables rurales	63
9.8. Sobre la generación distribuida con energías renovables	63
9.9. Sobre la generación a gran escala con energías renovables	64
9.10. Sobre la formación de recursos humanos en energías renovables	65
Bibliografía citada y consultada	66

1

Introducción

En el marco del proyecto “Integrando el Cambio Climático en Estrategias y Planes de Desarrollo Sostenible en Latinoamérica y el Caribe” que ejecuta las Naciones Unidas a partir de su unidad DESA, se busca fortalecer las capacidades nacionales para integrar políticas y acciones de cambio climático, especialmente con énfasis en la adaptación, dentro de la estrategia de desarrollo sostenible de los países. Se considera el uso de energías renovables como parte de las iniciativas para lograr una efectiva adaptación y mitigación del cambio climático.

En el caso de Bolivia, dada la experiencia y el recorrido existente en el campo de las energías renovables, se quiere mostrar adicionalmente el uso de energías renovables y sus impactos en el desarrollo de comunidades rurales, aisladas y dispersas, así como el aporte que podría existir hacia el aseguramiento de un suministro de agua cada vez más crítico, y de manera complementaria los impactos sobre el cambio climático, que significa su empleo.

En ese contexto, este documento presenta el estado de situación en relación a la temática de cambio climático, agua y energía, haciendo énfasis en aspectos de alto interés para el Vice Ministerio de Electricidad y Energía Alternativas, quienes han tomado conocimiento del proyecto y su alcance.



2

Revisión de la política boliviana sobre cambio climático

El Estado boliviano se adhiere a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) en la Conferencia Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo, realizada en 1992 en Río de Janeiro. En julio de 1994, la instancia legislativa del país aprueba la Ley N° 1576 que ratifica esta adhesión. Consecutivamente, el año 1997 en la Conferencia de las Partes 3 (COP 3), hace pública su adhesión al Protocolo de Kyoto, que también es ratificada por la Ley N° 1988 del 22 de julio de 1999. Por todo ello se puede sostener que el Estado boliviano ha participado de las negociaciones y acuerdos sobre cambio climático desde sus inicios.

Estas adhesiones a los marcos y convenios internacionales por parte de Bolivia, se concretiza el año 1995, en la creación del Programa Nacional de Cambios Climáticos (PNCC) bajo dependencia, en ese entonces, del Viceministerio de Recursos Naturales y Medio Ambiente que, a su vez, dependía, de la estructura del Ministerio de Desarrollo Sostenible. Posteriormente, “*mediante el Decreto Supremo N° 25030 del 27 de Abril de 1998, se reconoce al Programa Nacional de Cambios Climáticos como el ente competente operativo encargado de cumplir los compromisos técnicos de Bolivia ante la CMNUCC*” (MDSP, 2001:44).

Bajo el amparo del Decreto ya mencionado, se conforma “*una entidad gubernamental encargada de la aprobación de proyectos de Actividades Implementadas Conjuntamente en su fase piloto así como del MDL [Mecanismo de Desarrollo Limpio], denominado Programa Nacional de Implementación Conjunta (PRONIC),...con el objeto de contar con un ente competente para la promoción y la aprobación de proyectos enmarcados en las Actividades Implementadas Conjuntamente en su fase piloto y en el MDL*”.

Dicho Decreto Supremo crea también el directorio del PRONIC, el cual “*aprueba los proyectos formalmente y los eleva a consideración del Ministro de Desarrollo Sostenible y Planificación para su presentación, como autoridad nacional ante la CMNUCC*”. (MDSP, 2001: 204 – 205)

Esta estructuración institucional, en primera instancia, se expresa en la producción de en una serie de estudios sobre la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero en el país, el grado de vulnerabilidad del país ante los eventos extremos, en las posibilidades y mejores formas de aprovechar el MDL, y en la producción de manuales, guías e información para distintos sectores de la sociedad boliviana. En segunda instancia, el trabajo del PNCC se concentró en el diseño de proyectos, en la identificación de fuentes de financiamiento y en la articulación de alianzas entre diferentes sectores e involucrados para ejecutar los mismos. Hasta aquí podría decirse que la política boliviana sobre cambio climático, una vez adherida a los marcos y lineamientos internacionales, se concretó en una institución y en una labor eminentemente ejecutora de proyectos.

El año 2006, luego de una serie de conflictos sociales que obligan a realizar transformaciones políticas en el país, asume el gobierno Evo Morales Ayma, a la cabeza de un partido y de varias organizaciones y movimientos sociales, que eran muy críticos con todas las políticas que se habían venido implementando hasta entonces. Por supuesto, esto incidió también en lo que se había estado haciendo en materia de Cambio Climático.

Una de las primeras medidas que toma el nuevo gobierno referentes al cambio climático es la aprobación del Plan Nacional de Desarrollo (PND) Bolivia Digna, Soberana, Participativa

y Democrática para Vivir Bien, que propone contrarrestar el Cambio Climático apoyando y articulando la economía plural y comunitaria, recuperando y revalorizando las prácticas locales y diversas de las comunidades en torno a su relación con la naturaleza, todo ello con un enfoque integral y no asistencialista, como, en su criterio, se había estado haciendo hasta antes del Plan.

El PND llegó también con la determinación de que todas las políticas y todos los proyectos a ejecutarse en el país deberían enmarcarse a sus objetivos y lineamientos. Esto implicaba que no sólo las políticas sobre Cambio Climático, sino todos los proyectos que en esta materia surgirían hacia adelante deberían responder a los objetivos propuestos en el Plan.

En materia de política, si bien el PND propone readecuar, actualizar e impulsar la Estrategia de Participación en los Mecanismos de Desarrollo Limpio y la Estrategia Nacional de Adaptación al Cambio Climático; en los hechos, sólo se trabaja en la segunda. Así el año 2007 se da a conocer la nueva estrategia de adaptación cuyos objetivos *“responden a la Política 6 del Plan Nacional de Desarrollo”* y que textualmente proponían: *“reducir la vulnerabilidad al cambio climático”, “promover la adaptación planificada en el marco de los distintos programas sectoriales”, “reducir riesgos a los impactos del cambio climático en los distintos sectores identificados como vulnerables”*. A fin de lograr los objetivos se propone también las siguientes líneas de trabajo:

- a) Establecimiento de alianzas estratégicas y desarrollo de un marco institucional consistente con el Plan Nacional de Desarrollo.
- b) Una Resolución Ministerial y Decreto Supremo que faculte y dinamice a los sectores para implementar las medidas de adaptación identificadas y priorizadas.
- c) Facilitar el apoyo a iniciativas sectoriales que respondan a los objetivos estratégicos del Mecanismo en tres ámbitos: Nacional, Departamental y Municipal, alineadas a los

objetivos estratégicos del Mecanismo Nacional de Adaptación.

- d) Incidir sobre los sectores para que formen parte del proceso de implementación, de forma tal que integren a los Ministerios cabezas de sector en la dinámica del Mecanismo Nacional de Adaptación” (MPD, 2007:11)

Líneas que se proponía desarrollar ejecutando los siguientes programas: *“a) Adaptación de los recursos hídricos al cambio climático; b) Adaptación de la seguridad y soberanía alimentaria al cambio climático; c) Adaptación sanitaria al cambio climático; d) Adaptación de los asentamientos humanos y gestión de riesgos; y e) Adaptación de los ecosistemas al cambio climático. Los mismos que se encuentran acompañados de tres programas transversales que son: a) investigación científica; b) educación, difusión, capacitación; y c) aspectos antropológicos y conocimientos ancestrales”* (MPD, 2007:11).

Posteriormente a este hecho se suscita en el país un cambio político importante, consistente en la aprobación de la Nueva Constitución Política del Estado (CPE) en ella se constitucionaliza el *“derecho al medio ambiente sano”* y se incluyen las salvaguardas que hacen a su cuidado y protección, ciertamente, puede encontrarse ambigüedades en esta materia, pero lo que es destacable es la voluntad y el espíritu de respeto y protección de la *“Madre Tierra”* que inspira dicho texto. Con la aprobación de la constitución y el contexto nacional e internacional que se desenvolvía en ese momento respecto da materia que nos ocupa, se pueden destacar dos hechos.

El primero, es que en términos de política los asuntos sobre el cambio climático comienzan a ser atendidos por la Cancillería del Estado, por el representante boliviano en las Naciones Unidas y por propio presidente. Así, en torno a la política internacional el gobierno asume el enfoque de la *“deuda ecológica histórica”*, noción que los grupos y movimientos ecologistas internacionales habían venido desarrollando



desde hace mucho tiempo y que en Bolivia se asume en los siguientes términos:

- “a) Una *‘deuda de emisiones’*, que se origina en la sobre utilización del espacio atmosférico común y compartido, e implica el reconocimiento de que cualquier cálculo de reducción de gases de efecto invernadero para los subsecuentes periodos de compromisos, debe partir de cuantificar el volumen histórico de emisiones de los países desarrollados y del espacio atmosférico que los países en desarrollo necesitan para su avance y que les corresponde por derecho. Sólo de esta manera se podrá compensar real y significativamente la deuda.
- b) La *‘deuda de adaptación’*. Ahora los países en desarrollo, sin ser los causantes del Cambio Climático, están condenados a destinar grandes recursos para paliar y adaptarse a sus consecuencias nefastas. Recursos que van, desde costos de transferencia de tecnología, hasta los costos por los impactos negativos de este fenómeno.” (MMAYA, 2010:12)

Con base en este enfoque el gobierno Boliviano propone que la política internacional sobre cambio climático debe consistir en:

- a) Realizar sustanciales reducciones en sus emisiones domésticas de gases invernadero;
- b) Honrar sus compromisos para una efectiva transferencia tecnológica;
- c) Garantizar los recursos financieros apropiados, y de forma sostenible, para llevar a cabo los requerimientos de la adaptación de los países en desarrollo a esta crisis ambiental, que haga posible el desarrollo de las acciones de mitigación y adaptación que se requieren; y
- d) Constituir el Tribunal Internacional de Justicia Climática para que todo lo anterior pueda cumplirse a través de un monitoreo permanente y aplicando fuertes sanciones para quienes omitan sus responsabilidades” (MMAYA, 2010:13)

Conviene destacar aquí que, aun siendo un país pequeño y de poca incidencia en el ámbito in-

ternacional, el presidente Evo Morales y los representantes y delegados bolivianos han participado activamente en las instancias internacionales oficiales sobre el cambio climático y han aportado a la discusión de los temas sustanciales para los países similares a Bolivia, por ejemplo; respecto a la estructuración de un Fondo Global para el Cambio Climático, la transferencia tecnológica y el desarrollo de capacidades para la adaptación, etc.

En cuanto a la política nacional puede decirse que el gobierno ha puesto un freno a todos los elementos conducentes a ingresar al mercado de carbono, en contrapartida se ha propuesto trabajar en la generación de leyes específicas referidas a la Madre Tierra, Cambio Climático, Forestal, Agua, Riego, entre otras; que les permitan generar e implantar un marco institucional para plasmarlas, y sobre esa base destinar recursos y negociar con la cooperación internacional los programas y proyectos derivados de dichas leyes.

El segundo hecho es que, en términos institucionales y de gestión pública, se crea el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAYA), bajo cuya estructura se crea también el Viceministerio de Medio Ambiente y Cambios Climáticos, y a cuya tutela es transferido el PNCC. Con base en este cambio institucional, aunque no se lo dice explícitamente, el gobierno boliviano ha comenzado a atender los efectos del cambio climático, los estudios e investigaciones necesarios para una mejor comprensión de su incidencia en el país, así como el diseño y ejecución de proyectos de adaptación y mitigación, por medio de las unidades temáticas que correspondan. Esto, por supuesto, redujo las competencias y al campo de acción del PNCC que, si bien no atendía directamente los desastres y emergencias, estaba involucrada y cumplía un rol casi de rector operativo en la materia.



3

El ciclo del agua y el cambio climático en Bolivia¹

El Technical Paper VI publicado por el Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), titulado *Climate Change and Water*, comienza constatando que:

“El calentamiento observado durante varias décadas está vinculado a los cambios en gran escala del ciclo hidrológico, tales como: aumentar el contenido de vapor de agua atmosférica, el cambio de patrones de precipitación en intensidad y extremos; reducción de la cubierta de nieve y amplia fusión del hielo, y cambios en la humedad del suelo y la escorrentía”. (Bates, Kundzewicz, Wu, & Palutikof; 2008:3)

Dicho de manera menos técnica, esto significa que los impactos del Cambio Climático no se circunscriben a la mayor recurrencia o incidencia de algunos fenómenos hidrológicos puntuales, sino que están cambiando el proceso mismo de renovación y restablecimiento del agua en el planeta, que es tanto como decir la renovación de todos los seres vivos del planeta.

Las alteraciones del ciclo hidrológico, como también lo patentiza la publicación mencionada, se manifestaran en la presencia azarosa de fenómenos naturales extremos relacionados con el agua y en la cada vez mayores irregularidades en la disponibilidad de agua dulce; manifestaciones que, a no dudarlo, impactarán negativamente en la naturaleza y en la calidad de vida humana.

¿Cómo se especifican las alteraciones de ciclo hidrológico en Bolivia, cómo se manifiestan, y qué efectos producen?

3.1. Alteraciones del ciclo hidrológico

a) Cambios en la relación precipitación-eva- potranspiración en Bolivia

El ex-director del PNCC el año 2008 Oscar Paz sostenía:

“Pretender establecer una línea base del cambio climático en Bolivia y, muy particularmente, del impacto del cambio climático, puede resultar de alto riesgo, toda vez que el proceso de entendimiento de todos los elementos que hacen a esta temática aún está en desarrollo e investigación y requerirá de estudios complementarios que deben realizar una serie de instituciones del país, muy particularmente aquellas relacionadas con la ciencia y las que deben evaluar las implicancias del cambio en los diferentes componentes socioeconómicos.” (Paz, 2008:525)

Esa afirmación continua siendo cierta, especialmente, cuando se trata de evaluar los cambios del ciclo hidrológico en Bolivia. Máxime si se toma en cuenta:

“La compleja fisiografía de Bolivia y su posición con relación a la circulación regional atmosférica somete al país periódicamente a sequías o inundaciones de magnitud determinado la mala distribución temporal y espacial del recurso. Por ello, se presentan zonas con muy diferentes regímenes de precipitación a pesar de pertenecer al mismo sistema atmosférico, coexistiendo a corta distancia áreas con precipitaciones por encima de los 3000 mm. por año al mismo tiempo que otras con precipitaciones por debajo de los 300 mm. en latitudes muy similares” (MPD-PNCC, 2007:95)

No obstante, a pesar de las dificultades que se presentan el momento de estudiar el ciclo hidrológico en Bolivia, estudios un tanto más generales han propuesto un modelo de Balance Hídri-

¹ La redacción de esta parte se basa en el estudio: “Agenda social ante el cambio climático para la defensa del agua, los derechos humanos y la naturaleza”. Fundación Solón. Segunda edición, La Paz, 2010

co que, de alguna forma, referencia cómo varía el ciclo hidrológico, particularmente la relación precipitación - evaporación - transpiración, en las diferentes regiones de Bolivia. Ver Cuadro No. 1.

Cuadro No.1 Bolivia: Zonas agro ecológicas con déficit hídrico por año

En milímetros por año						
Zonas Agro ecológicas	Región	Superficie Km ²	Precipitación	Evaporación Transpiración	Déficit	Meses secos
Altiplano	Altiplano Norte	13600	550	958	408	9
	Altiplano Central	91100	357	719	362	9
	Altiplano Sud	73900	306	665	359	9
Valles	Valles Centrales	21950	666	999	333	7
	Valles del Norte	46350	483	935	452	8
	Valles Centrales	35300	651	985	334	7
	Valles del Sud	44000	614	982	368	7
Chaco	Llanos del Chaco	122500	751	1655	904	10

Fuente: Plan Nacional Riego 2005-2010, Ministerio del Agua 2008.

A la “compleja” geografía física de Bolivia, que determina las grandes diferencias en las precipitaciones y en los procesos de evapotranspiración, debe sumarse, además, que es afectada periódicamente por los fenómenos popularmente conocidos como El Niño² y La Niña³. Los mismos que agravan la incidencia de la presencia o ausencia de las precipitaciones.

2 Este fenómeno de presentación cíclica con intervalos de dos a siete años, y se caracteriza por la aparición de corrientes cálidas en las costas del Océano Pacífico de Sudamérica, en el periodo del verano. La elevación de la temperatura de las aguas superficiales fue reconocida por pescadores peruanos, que la designaron como “El Niño” por comenzar alrededor de la navidad. El fenómeno se inicia cerca de Australia e Indonesia, con elevación de unos grados de la temperatura habitual (4 a 8°C), produciéndose corrientes que se mueven hacia el Este, alcanzando las costas de América del Sur en aproximadamente seis meses. El movimiento de las aguas se vincula con el enfriamiento en el Pacífico occidental, cerca de Asia. Las interacciones con las capas de aire determinan cambios en los patrones de lluvias, provocando inundaciones y sequías, así como variaciones en los recursos hídricos, la agricultura, y muchas actividades económicas y sociales. Los mecanismos de “El Niño” están constituidos por interacciones dinámicas y termodinámicas entre la atmósfera, los océanos y las superficies terrestres. La duración suele ser de 12 a 18 meses. Los episodios más intensos se presentaron en los periodos de 1940-1941, 1982-1983 (el más intenso de este siglo), 1986-1987, y 1990-1994 (el más prolongado), 1997-1998 El área de acción principal del fenómeno es el Pacífico Ecuatorial; sin embargo, otras regiones resultan afectadas en diversas formas. De igual manera se observan trastornos severos en la infraestructura vial y de servicios, abastecimientos de agua, inundaciones, destrucción de viviendas e incremento de enfermedades transmitidas por vectores y por contaminación de aguas y alimentos. (MDSP-PNCC, 2002:15 - 16)

En este sentido, el estudio del PNCC “Cambio Climático en Bolivia” señala que: “*El fenómeno El Niño en el territorio boliviano muestra un comportamiento variable con cambios en la distribución temporal de la precipitación y presencia de temperaturas superiores a los 2 grados de los valores normales. ...las condiciones de precipitación en la región amazónica superiores a lo normal al igual que las temperaturas, producen importantes inundaciones... Contrariamente a estos comportamientos el déficit de precipitación coincide con condiciones de sequía moderada...*” (MPD-PNCC, 2007:11). Con base en esta evidencia, sugiere el estudio, puede inferirse cómo el cambio climático se hará patente en el país⁴.

Otra aspecto que referencia, al menos una proceso del ciclo hidrológico en Bolivia, es que entre el 60% y 80% de las precipitaciones en el territorio nacional se da entre los meses de diciembre a marzo (Montes de Oca, 2005:120) Teniendo en cuenta esta particularidad algunos modelos ejecutados por PNCC, han concluido que “...la baja precipitación y los regímenes de temperatura, incrementan las pérdidas por evapotranspiración produciendo baja disponibilidad del recurso. Por tanto en meses secos se presentarían elevados déficits de agua, los que deberán ser compensados con otras fuentes. ...Por otra parte, aunque los regímenes de precipitación en periodos lluviosos no muestren déficit significativos de precipitación, la concentración de los eventos de lluvia, podría hacer que las poblaciones enfrenten falta periódica de agua debido a la mala distribución de la precipitación. (MPD-PNCC, 2007:108)

En relación a esta última previsión cabe anotar que los últimos años se presentaron varios días con precipitaciones que han sobrepasado las 24 horas, situación que no es común en Bolivia.

3 Entre un episodio y otro de “El Niño” suele presentarse un fenómeno caracterizado por bajas temperaturas marinas que determina situaciones atmosféricas opuestas, sobre todo en la época de invierno, denominándose a este fenómeno “La Niña” o “El Viejo” (MDSP-PNCC, 2002:15 – 16)

4 Es necesario aclarar que no existe una relación directa entre el Cambio Climático y los fenómenos de El Niño y La Niña, éstos son más antiguos, sin embargo, hay que hacer constar que con el Cambio climático existe una “intensificación del ciclo hidrológico global” que aumenta la recurrencia e intensidad de las precipitaciones y de las sequías y, con seguridad, de eventos como El Niño y la Niña (La Razón, 2008).

Gráfico No. 1 Evolución del glaciar Chacaltaya 1940 - 2007



Fuente: B. Francou; E. Ramirez; E. Jordan

b) Reducción de los glaciares

Otra opción para considerar las alteraciones al ciclo hidrológico en Bolivia, está dada por analizar los reservorios en que se acumula el agua, en este caso uno de los principales: los glaciares. Más de dos tercios del agua dulce de la Tierra se encuentran en esta forma, de este total “los glaciares de América del Sur representan el 0,2%”, y los que se encuentran en Bolivia representan sólo “el 2% de la superficie glaciar de la región” (Hoffmann, 2007:8)

“Al inicio de los años ochenta existían en Bolivia aproximadamente dos mil glaciares, de los cuales el 80% no abarcaba siquiera los 0,5 Km² cada uno. Según estas dimensiones, pueden considerarse glaciares pequeños. Para ese año el área total de glaciares era de 566 km²”. (Hoffmann, 2007:8) Valga anotar aquí, que según el dato consignado en el Informe de Desarrollo Humano 2007 - 2008 los glaciares bolivianos sólo alcanzaban a 396 Km² el año 2006.

Para Dirk Hoffmann, uno de los autores de referencia para la redacción de esta parte, in-

equivocadamente el cambio climático es la causa principal para el retroceso de los glaciares, para evidenciarlo indica: “Los científicos afirman que el aumento de la temperatura es de 0,3 grados Celsius por decenio a nivel global, sin embargo, para los Andes esta cifra aumenta con la altura como lo demuestra [la proyecciones de]...cambio de temperatura en los próximos cien años...a una altura de 3.000 metros el aumento de la temperatura será de 3,5%; y entre los 5.000 y 6.000 metros, que es la altura en la que están los glaciares de Bolivia y Perú, el incremento de la temperatura estará entre los 5 y 6 grados. Según estos cálculos, en los lugares más altos es donde el cambio climático y el calentamiento global van a tener mayor impacto que en otros lugares del planeta” (Hoffmann, 2007:4)

Edson Ramírez, afirma que “los glaciares tropicales⁵ son más vulnerables frente al cambio climático que el resto de los glaciares del mundo”. Debido a las diferencias existentes entre

⁵ “Los glaciares tropicales son aquellos que se encuentran en la franja tropical. A nivel mundial los glaciares tropicales ocupan el 5% de la superficie total, pero de este 5%, el 99% está concentrado sobre los Andes, el 70% de este 99% se distribuye en el Perú, el 20% en Bolivia y el 10% en el resto de los otros países” (Ramírez, 2007:19).

las precipitaciones y las temperaturas en las distintas regiones. Por ejemplo en los Alpes la época de recarga de los glaciares (lluvias) coincide con el invierno, al igual que en los más grandes glaciares de Sudamérica, en cambio, como explica Ramírez, en los glaciares bolivianos “los valores más altos de precipitación se presentan durante los meses de diciembre, enero y febrero, periodo que denominamos el verano austral y en el que se registra mayor radiación. Esta característica tan particular, hace que los glaciares tropicales tengan menos oportunidad de recarga, lo que en el contexto climático de calentamiento global provoca que nuestros glaciares sean extremadamente sensibles, es decir que pequeños cambios en las variables meteorológicas producirán impactos muy significativos en un glaciar” (Ramírez, 2007:19).

Uno de los casos de reducción más estudiados es el del glaciar Chacaltaya, hoy prácticamente inexistente. En el Gráfico No. 1 se muestra una secuencia fotográfica de cómo ha ido reduciéndose este glaciar. Este contexto de los andes bolivianos también atenta a otros glaciares como el Tuni-Condoriri, el Huayna Potosí, el Mururata. Se estima que “en los próximos 30 años varios glaciares pequeños menores a 1 km² habrán desaparecido de forma similar a lo que ocurrió con el glaciar Chacaltaya y lo que está ocurriendo con los glaciares de Tuni-Condoriri (Ramírez, 2008:59).

Quepa aquí, siguiendo nuevamente a Hoffmann, anotar brevemente los efectos de la desaparición de los glaciares tropicales de los Andes, específicamente en la ciudad de La Paz:

“1. *Disminución en el caudal de los ríos*, sobre todo en épocas secas en las que el agua proveniente de los glaciares tiene una relevancia muy grande debido a la poca disponibilidad de esta en toda la región del altiplano.

2. *Incremento de desastres naturales*, como avalanchas de tierra, de glaciares, de lodo o explosiones de lagos glaciares. Estos fenómenos, por suerte, no van a tener en Bolivia

un impacto tan grande como en la región de la Cordillera Blanca ubicada en Perú, donde sí serán de alto riesgo para las poblaciones circundantes.

3. *Impacto socioeconómico*; reducción de agua tanto para riego como para consumo humano; disminución de la producción hidroeléctrica e industrial; afectará también económicamente a las poblaciones que consumen agua de los glaciares, con la consiguiente posibilidad de originar con todo ello más conflictos sociales.

4. *Otros efectos que a manera de referencia [...] se pueden mencionar, son el impacto sobre la diversidad biológica de alta montaña, tema por cierto poco conocido, así como la alteración de páramos y humedales en los que se almacena el agua y regula el clima*” (Hoffmann, 2007:5).



c. Situación de las cuencas hidrográficas (aguas superficiales)

Bolivia cuenta con tres grandes cuencas, la mayor de ellas es la del Amazonas, ubicada al norte y al este del país; seguida por la del Plata, ubicada al sureste del país, y la más pequeña, la Cuenca altiplánica o Endorreica ubicada hacia el oeste y hacia el sur del país. Estas grandes cuencas a su vez están constituidas por 16 sub cuencas. Ver Cuadro No. 2.

Cuadro No. 2 Bolivia: Superficie de las Cuencas Hidrográficas

Cuenca	Sub Cuenca	Superficie Km ²	% del total
Amazonas	Acre	3.722	65,37%
	Abuná	25.870	
	Orthon	22.640	
	Madre de Dios	52.745	
	Beni	133.010	
	Mamoré	241.660	
	Itenez	186.460	
	Izozog	51.980	
	Total	718.087	
Del Plata	Paraguay	118.031	20,60%
	Pilcomayo	96.267	
	Bermejo	11.970	
	Total	226.268	
Altiplanica o Endorreica	Titicaca	10.983	14,03%
	Desaguadero	35.700	
	Poopó	16.343	
	Coipasa	27.760	
	Uyuni	63.390	
Total	154.176		

Fuente: Montes de Oca; 2005

Es preciso anotar que en el país existen 270 ríos principales, 184 lagos y lagunas, seis salares y 260 pequeños o medianos humedales. No obstante, estas dimensiones, aún no existen estudios sobre las variaciones que sufrirán los lagos y ríos del país, de agudizarse el cambio climático y sus efectos sobre los reservorios de agua. No obstante, en base a algunos estudios puntuales se puede confirmar lo siguiente:

“Desde una lógica de contingencia, las poblaciones asentadas a lo largo de grandes ríos están ex-



puestas al riesgo de sufrir riadas e inundaciones, no solamente en las partes bajas, sino también en los lugares donde el encauce del río no soporta mayores cantidades de agua, como el caso de los valles en regiones de montaña. Esto está claramente relacionado con la capacidad de los glaciares de almacenar agua en forma de hielo” (MDSP, 2002:19)

“La cuenca del río La Paz y otras del altiplano Norte son susceptibles a conflictos entre oferta y demanda de agua, así como a agudizar impactos de inundación y erosión. Mientras que para la cuenca del río Pirai y gran parte de los Llanos es crítica la tendencia a agudizar el riesgo de inundaciones. Los resultados de los escenarios indican un aumento en el escurrimiento promedio, pero estos no muestran los efectos de posibles eventos extremos. (MDSP, 2002viii)

En un estudio participativo realizado entre las comunidades aledañas al Lago Titicaca con el fin de averiguar la percepción que tienen sobre el cambio climático y sus prácticas de cultivo, se concluyó que: *“Las familias de las comunidades de la región del Lago Titicaca sienten los cambios del clima (alteraciones de la lluvia, intensidad del sol, heladas, granizos, vientos)... El clima en los últimos cinco años resultó ser menos previsible...lo que altera y complica la planificación de las actividades agrícolas” (MPD-PNCC, 2006)*

d) Humedales en riesgo por el cambio climático

“En Bolivia existen 260 humedales - 8 incluidos en la lista Ramsar - que cubren una superficie total de 6.5 millones de hectáreas. Son importantes para el sustento de la biodiversidad y las reservas de agua dulce. Entre los más importantes están: Los bañados del Izozog y el río Parapati, El Palmar de las Islas y Las Salinas de San José, El Pantanal Boliviano, la Laguna Concepción, en el Departamento de Santa Cruz; La laguna colorada en Potosí, El Lago Titicaca en La Paz, La Cuenca de Tazara en Tarija y los Lagos Poopo y UruUru en Oruro” (MA, 2008:9).

“A pesar de que no todos los ecosistemas acuáticos se verán afectados por igual, muchos estudios advierten que los humedales sufrirán cambios en su permanencia, superficie o extensión, así como en los ciclos biogeoquímicos y en la biota (flora y fauna). En este sentido los humedales más vulnerables son los pertenecientes a los ambientes endorreicos, lagos, lagunas, ríos y arroyos de alta montaña y ambientes dependientes de las aguas subterráneas tales como los que posee Bolivia. Este efecto se producirá debido al incremento de la estacionalidad prevista en las precipitaciones que provocará la disminución temporal y espacial de la superficie inundada y una menor recarga de los acuíferos, actualmente sometidos a una fuerte presión. Su fuerte dependencia de la disponibilidad de agua hace que cualquier modificación en el ciclo hidrológico de la cuenca a la que pertenecen puede alterar sensiblemente la configuración de estos” (MPD-PNCC, 2007:48)

“Aunque no existen estudios concretos sobre la influencia del cambio climático sobre los humedales de Bolivia, se puede prever con elevada certeza que el incremento de la temperatura ambiental provocará una desecación de estos con escasas probabilidades de recarga debido precisamente al incremento térmico, constituyéndose entonces en un círculo viciosos que deben ser detalladamente analizado” (MPD-PNCC, 2007:49 – 50)

e) Aguas subterráneas

En el país no existen estudios sobre la cantidad de agua subterránea que existe en el subsuelo y tampoco sobre cómo la incidencia del cambio climático puede afectarlas.

No obstante, existen suficientes indicios para suponer que los reservorios de agua en el subsuelo y la calidad y la cantidad que poseen son considerables. Es necesario, sin embargo, diferenciar entre el agua que se acumula en las capas freáticas y el agua fósil, acumulada a mayor profundidad. A diferencia del agua fósil, cuya acumulación ha llevado millones de años, a recarga de las capas freáticas depende del ciclo periódico de lluvias, en este sentido periodos prolongados de sequía o alteración de los procesos de escurrimiento y escorrentía, pueden evitar que el reservorio se rellene.

Al respecto, el informe El Agua en Bolivia sostiene: *“Un gran porcentaje del abastecimiento de agua potable y agua de riego en las zonas rurales y urbanas proviene de acuíferos subterráneos... [además] ...varias ciudades dependen de las aguas subterráneas para abastecer la demanda de agua potable. Es el caso de las ciudades de El Alto, Oruro y Santa Cruz. En muchas otras regiones del país, los gobiernos locales han orientado su atención a las aguas subterráneas para satisfacer las necesidades básicas de agua, debido a la escasez de aguas superficiales, consecuencia de sequías prolongadas o la contaminación minera de éstas” (MA, 2008:8)*



3.2. Eventos adversos relacionados con el ciclo del agua

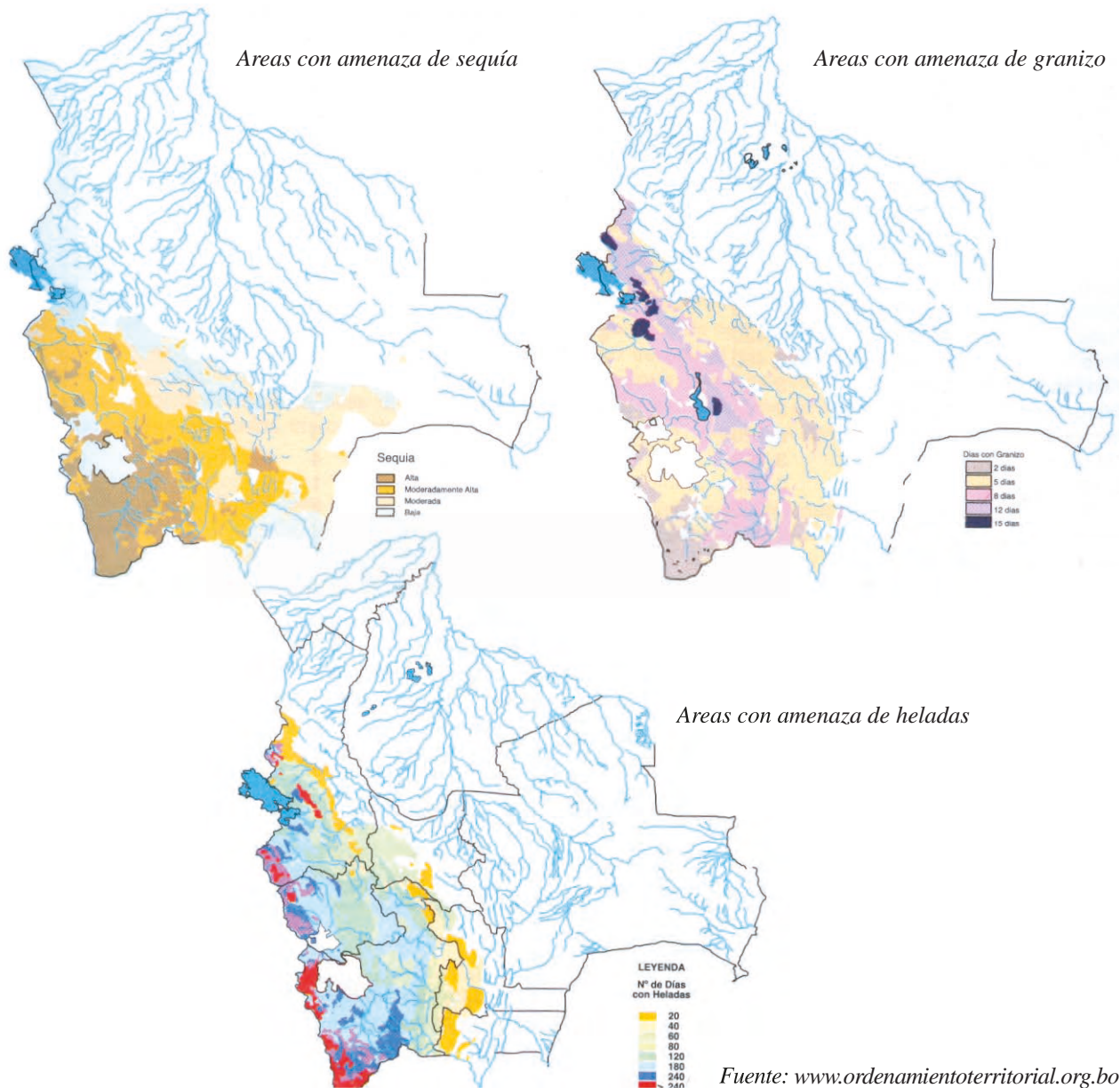
Las alteraciones del ciclo hidrológico, también se manifiestan en los eventos naturales adversos. Aquí se revisan los eventos de este tipo que están relacionados con el agua.

Si bien, como se dijo líneas arriba la distribución espacial de las lluvias es muy irregular en el territorio boliviano, de tal manera que puede encontrarse con sitios muy cercanos, pero con niveles de precipitación totalmente diferentes; en general, se ha logrado delimitar las regiones con mayor probabilidad de ocurrencia de even-

tos como inundaciones, granizadas, sequías, heladas y nevadas.

Es así que las sequías y las heladas tienden a repetirse más hacia el sur y oeste del país, coincidente con la región andina y las zonas de mayor elevación del país. Es en esta región también donde se forman más fácilmente las granizadas. En contrapartida, toda la región que coincide con la cuenca amazónica y parte de la cuenca Del Plata es donde hay mayores probabilidades de lluvias torrenciales y, debido a la configuración del terreno, mayores posibilidades de que se produzcan inundaciones. Ver Gráfico No. 2.

Gráfico No. 2
Áreas de amenaza de eventos naturales adversos relacionados con el ciclo hidrológico



Fuente: www.ordenamientoterritorial.org.bo

El acontecer de estos eventos naturales adversos durante los últimos años, permite observar que la recurrencia de los mismos ha ido en aumento los últimos años; cierto es que los fenómenos de El Niño y La Niña han influenciado en estos datos porque su presencia en el país ha sido más continua, empero, también hay que mencionar que según los especialistas, estos fenómenos no han sido de los más fuertes, en cambio, también es evidente que los eventos naturales adversos han sido relativamente más graves y agudos. Elementos que permiten inferir que el cambio climático ha tenido su parte de incidencia en los mismos. Ver Cuadro No.3.

Lo dicho hasta aquí, que está específicamente referido a Bolivia, además de confirmar las previsiones internacionales que se han hecho sobre el cambio climático: precipitaciones intensas y concentradas en espacios específicos, que tiene por contrapartida la presencia de sequías en otros puntos aledaños, sumado al retroceso de los glaciares, a la variación de la escorrentía de los ríos, la reducción de los humedales, etc.; pone en cuestión la disponibilidad de agua, porque la variación y la imposibilidad de poder prever la intensidad y gravedad de los acontecimientos que se presenten, con seguridad cambiaran la forma de aprovisionamiento de agua como la conocemos hasta el presente.

En efecto, las precipitaciones intensas y puntualmente ubicadas, no significan en ningún momento que el abastecimiento de agua este asegurado, pues no se trata solamente de que haya precipitaciones sino de que el agua pueda ser usada de manera segura. El exceso de preci-

Cuadro No. 3 Principales emergencias climáticas relacionadas con el ciclo hidrológico. Reportadas por año

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Inundaciones	353	810	448	278	868	1.191	1.085
Sequías	351	43	451	151	16	651	151
Heladas	66	5	153	132	121	1.259	451
Granizadas	311	67	261	74	194	695	413

Fuente: VIDECCI. INE, 2010. Extractado de PNUD, 2010



pitaciones generalmente tiene que ver con inundaciones y destrucción de sembradíos, derrumbes y deslizamientos. El fenómeno contrario, las sequías, también están ligadas a destrucción de sembradíos, a lo que debe sumarse movimientos inmigratorios y escasez de alimentos.

El retroceso de glaciares y la disminución de los caudales de los ríos que se alimentan de los mismos, además de periodos de sequedad, amenaza con atentar el suministro de agua y su uso para generación de energía eléctrica; a lo que debe sumarse los efectos que estas variaciones tendrán en las aguas superficiales (lagos, lagunas) y humedales, todos ellos sustanciales para los ecosistemas y a la biodiversidad.

Por estos motivos, a los problemas para acceder al agua, que por el momento no tiene que ver con la falta de este elemento, sino con las formas inequitativas de acceso y el uso irresponsable que se hace de las mismas, debe sumarse la variabilidad y los problemas de disponibilidad que se presentarán debido a las alteraciones del ciclo hídrico. En ese marco, en adelante se identifica algunos problemas de disponibilidad de agua dulce que pueden ser agravados por el cambio climático.

3.3. Disponibilidad de agua dulce en Bolivia

a) Acceso al agua por parte de los hogares

El primer problema a considerar en cuanto a la disponibilidad de agua y los efectos del cambio climático en ella, es el acceso de los hogares a ella. La cuestión estriba en que una cosa es que el país cuente con fuentes de agua superficial y subterránea relativamente considerables, y otra cosa es que esas fuentes sean fácilmente aprovechables, y también es otra cosa la infraestructura y logística necesaria para transportar el agua hacia los hogares.

La información del Cuadro No. 4 considera las fuentes de donde se abastecen de agua las 10 ciudades principales del país. Enseña que siete ciudades captan el agua de fuentes superficiales, en tanto que Santa Cruz y en parte Cochabamba se abastecen de aguas subterráneas.

El abastecimiento de aguas superficiales en estos casos concretos, señala un primer elemento de vulnerabilidad frente al Cambio Climático.

Es el caso de La Paz y El Alto porque captan el agua de lagunas y riachuelos que son abastecidos por el deshielo periódico de los glaciares y también por las precipitaciones. Esta situación combinada con la variabilidad de las precipitaciones y la temperatura, ha ido ocasionando los últimos años que los reservorios naturales (lagunas y riachuelos) de donde estas ciudades se abastecen de agua vean rebasados o disminuidos sus cauces naturales, situación que también ha repercutido en las represas y atajados construidos para tal fin. Las ciudades de Oruro y Potosí también enfrentan cierta vulnerabilidad, porque están ubicadas en el área de mayor amenaza de sequías, al igual que Tarija y en menor Sucre.

Cuadro No. 4 Bolivia: Tipo de fuente y caudal ofertado, por departamento y empresa

Ciudad	Denominación	Tipo de Empresa	Fuente	Q (l/s)
La Paz / El Alto	Empresa Público Social de Agua y Saneamiento (EP-SAS)	Comunitaria social, sin fines de lucro	Fuentes superficiales: Tuni, Condoriri, Huayna Potosí, Milluni, Choqueyapu, Incachaca, Ajan Khota, Hampaturi Bajo.	2.011 - 4.525
Santa Cruz	SAGUAPAC	Cooperativa	Acuíferos subterráneos: Tilala - 30 pozos.	347 - 2.067
	9 cooperativas pequeñas	Cooperativa		722
Cochabamba	SEMAPA	Empresa municipal	Fuentes superficiales: Escalerani, WaraWara, Chungara, Hierbabuenani.	191 - 404
			Acuíferos subterráneos	462
Sucre	ELAPAS	Empresa municipal	Fuentes superficiales: sistema Cajamarca que comprende los ríos Cajamarca, Safiri y Punilla.	82
			Fuentes superficiales: sistema Ravelo que comprende los ríos Ravelo, Peras Mayu, Jalaqueri, Murillo y Fisculco.	389
Oruro	Servicio Local de Acueductos y Alcantarillado SELA	Empresa municipal	Fuentes superficiales: ríos Sepulturas y Huayña Porto.	34
			Fuentes subterráneas: Challa Pampa, Challa Pampa y Aeropuerto.	528
Potosí	AAPOS	Empresa municipal	Fuentes superficiales: lagunas KhariKhari.	195
Trinidad	COATRI	Cooperativa	Fuentes subterráneas	118
Tarija	COSALT	Cooperativa	Fuentes superficiales: ríos Rincón La Victoria, Guadalquivir, San Jacinto.	574
			Fuentes subterráneas	279
Cobija	Empresa Público Social de Agua y Saneamiento (EP-SAS)	Comunitaria social, sin fines de lucro	Fuente superficial: arroyo Bahía	24

Fuente: Ministerio del Agua, 2009

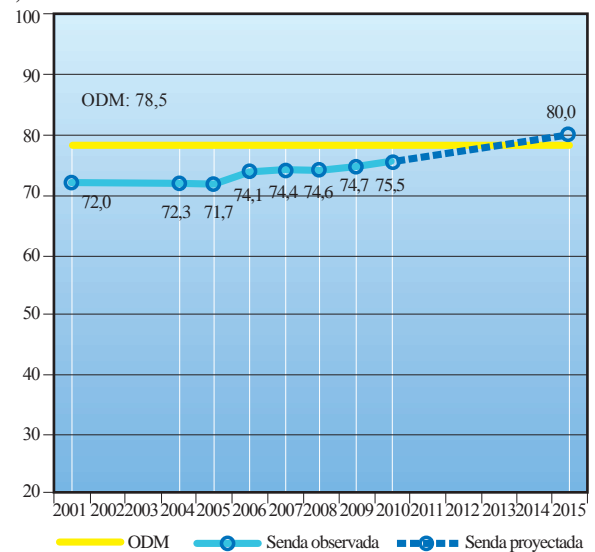
En el caso de Santa Cruz las inundaciones amenazan las fuentes subterráneas no profundas, pues dependiendo del alcance de la inundación estas quedan contaminadas y se vuelven focos de infección. En Cochabamba en cambio, la mayor vulnerabilidad son los asentamientos humanos en los lugares de recarga de las capas freáticas, que cada vez más impiden que esta se realice, y junto a esto también amenaza la explotación irracional que se hace de esas fuentes.

Otro factor que vale la pena señalar aquí es que en las ciudades mencionadas y otras intermedias, la gestión de las instituciones encargadas de proveer el agua no es eficiente ni eficaz, así hay instituciones que están en quiebra, o instituciones que no pueden aumentar su cobertura, etc., situaciones estas que limitan la capacidad de respuesta y adaptación a los cambios que viene generando o puede generar el cambio climático.

Al margen de las ciudades principales y algunas intermedias, en el área rural la población se abastece de agua directamente de los ríos y lagunas, en otros lugares recurren a la perforación de pozos, pero sin el sustento ni el conocimiento técnico adecuados; por estos motivos, la provisión de agua potable en el área rural, además de reducida, se ve amenazada no sólo por sequías e inundaciones, dependiendo el área del país en donde están asentadas las comunidades rurales, sino también por la ausencia de una adecuada gestión del agua. En el área rural boliviana evidentemente existen “conocimientos ancestrales” y prácticas comunales de gestión del agua, principalmente para riego, pero son prácticas que están desapareciendo o son impotentes ante cambios climáticos bruscos.

Es en este contexto que la cobertura de agua potable en Bolivia ha ido en ascenso, al punto que fácilmente se alcanzará la Meta del Milenio, que estipulaba llegar a una cobertura del 78,5% hasta el 2015. Ver Gráfico No. 3.

Gráfico No. 3 Evolución de la cobertura de agua potable, 2001 - 2015



Fuente: Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico

No obstante, como en muchos otros asuntos nacionales, hay dos realidades en esta materia. Si discriminamos los datos, encontramos que en el área urbana el porcentaje de hogares que acceden al agua potable ha ido en aumento de un 87,6% en 2001 al 88% en 2010; en cambio si revisamos los datos correspondientes al área rural, comprobamos que el aumento de la cobertura ha ascendido del 46% al 52% en el mismo periodo.

Evidentemente el aumento de la cobertura en el área rural ha sido mayor que en la urbana, sin embargo, eso no obsta que existen 36 puntos de diferencia entre un área y otra; en términos absolutos esto significa que de los 3,5 millones de habitantes que se estiman actualmente habitan el área rural, cerca de 1,68 millones no tienen acceso al agua potable, que equivalen más o menos a 413 mil hogares.

Por supuesto, cualquier programa o proyecto de resolución de este problema deberá considerar las alteraciones que el cambio climático está generando o puede generar en el ciclo hidrológico, y las consecuencias que ello acarrearía.

b) Agua para riego

El segundo problema a considerar en cuanto a la disponibilidad de agua es el abastecimiento de agua para riego. Para dimensionar el problema vale la pena tomar en cuenta los siguientes datos *“El sector agrario es el mayor consumidor de agua con el 86% de las extracciones totales, mientras que el agua para otros usos que se distribuye a partir de las redes de agua potable solamente alcanza al 14%”*. (MA, 2008:10)

Visto territorialmente, la agricultura boliviana actualmente ocupa dos millones de hectáreas, de las cuales más de la mitad está ubicada en el departamento de Santa Cruz y la otra mitad se encuentra repartida entre Tarija, Chuquisaca, Cochabamba, Oruro, Potosí y La Paz. A diferencia de la producción agrícola que se realiza en Santa Cruz, la producción agrícola del altiplano y los valles interandinos está en manos de los pequeños productores, quienes realizan su labor totalmente sometidos a los vaivenes del clima, pues, practican la agricultura de secano.

En este contexto la construcción de la infraestructura para proveer el agua para riego, especialmente en el lado occidental del país, es esencial. De acuerdo con la información registrada en el Ministerio del ramo el año 2000, se habían contabilizado 5.743 sistemas de riego, de los cuales estaban en funcionamiento 5.459, que beneficiaba a 271.900 familias y cubrían un área de riego de 226.564 hectáreas. Es decir, un equivalente al 11% del área total cultivada en el país. (MA; 2009). Los sistemas de riego clasificados como pequeños, cubren el 38,24 por ciento del área consignada, los sistemas medianos el 29,10 por ciento, los grandes el 28 por ciento y los sistemas de microriego el 4,65% (MA; 2008).

Hay que anotar aquí que el Plan Nacional de Riego estimaba construir, hasta el año 2010, 3.760 sistemas de riego nuevos, que llegarían a beneficiar 208.492 familias más, y a cubrir un área adicional de riego de 276.154 Ha. A la fecha las noticias emanadas desde las instituciones responsables del Plan indican que se ha

alcanzado la mayoría de sus objetivos, sin embargo, aún no han dado a conocer un informe oficial al respecto.

No obstante lo que interesa resaltar aquí es que, si bien los sistemas de riego son importantes y valederos, también dan cuenta de la vulnerabilidad del sector agrícola boliviano, por lo menos de la que se realiza en el lado occidental del país. En primer lugar porque sólo abarcan una pequeña parte del área cultivada, y en segundo lugar, porque los eventos naturales adversos y cualquier variación fuera de lo normal (retraso del periodo de lluvias, intensidad alta de las mismas, heladas, sequías, granizo, etc.) puede dañar su efectividad. De hecho existen casos donde los sistemas de riego, a pesar de estar contruidos actualmente no trasladan toda el agua que se había previsto porque ha variado la fuente de donde la captaba.

4 Energía y Cambio Climático

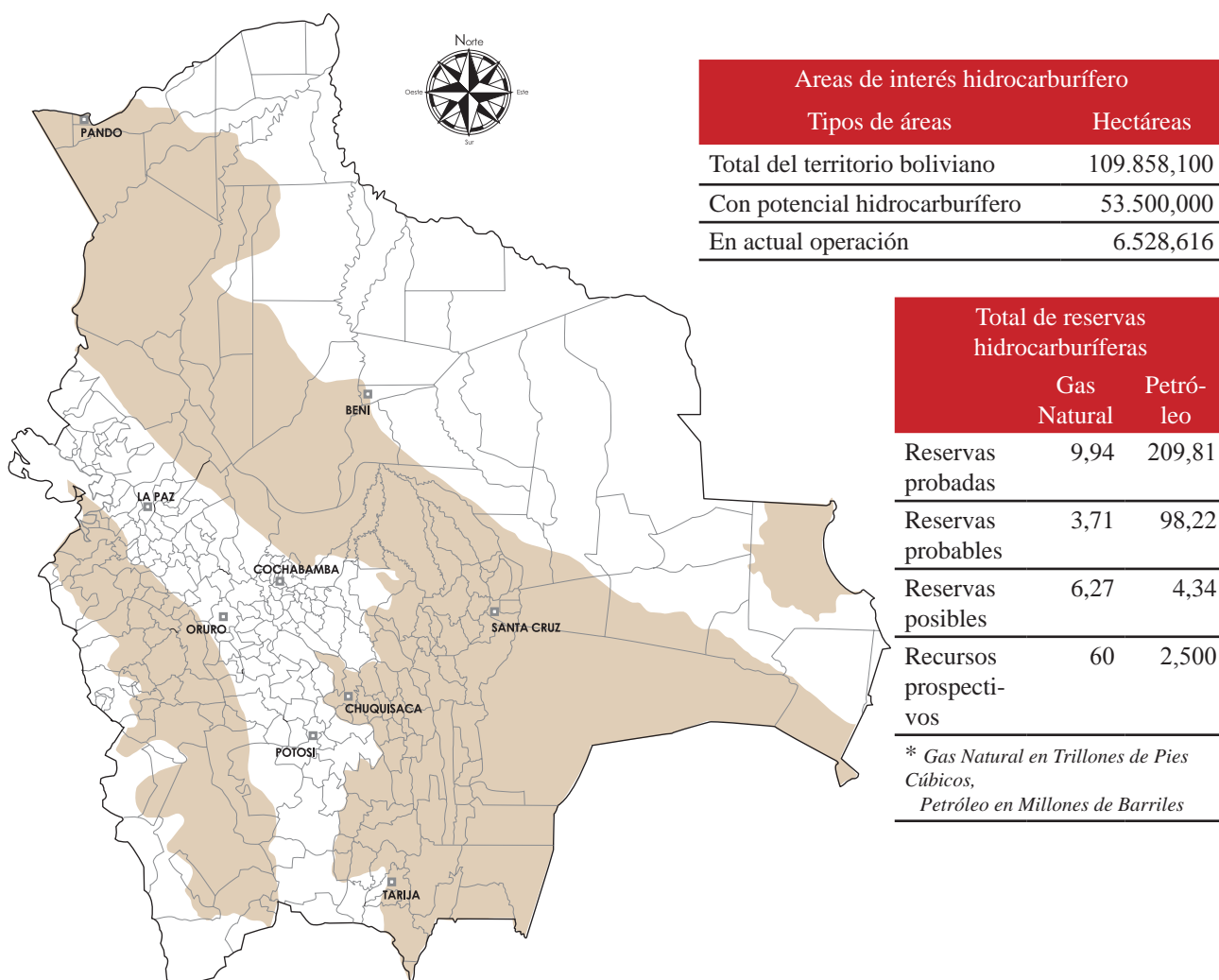
4.1. Potencial hidrocarburífero en Bolivia

Bolivia es un país que tiene una extensión territorial de 109 millones de hectáreas. En ese extenso territorio, estudios geológicos realizados por Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos (YPFB) han identificado toda el área de “interés petrolero”, es decir, lugares en los que previsiblemente se encontrará hidrocarburos. De acuerdo con los datos de YPFB, 53,5

millones de hectáreas (48,70%) del territorio nacional tienen potencial hidrocarburífero. De ese total, actualmente sólo en 6,5 millones de hectáreas se realiza algún tipo de operación petrolera, área equivalente al 12,20% del espacio de interés petrolero y al 5,94% del territorio nacional. Ver Gráfico No. 4.

En toda el área que actualmente está en operación la industria petrolera boliviana ha logrado confirmar la existencia de 9,94 Trillones de Pies

Gráfico No. 4 Potencial hidrocarburífero de Bolivia



Fuente: YPFB Corporación



Cúbicos (TCF, por sus siglas en inglés) de Gas Natural y 209,81 millones de barriles (MMBbl) de petróleo, condensado y gasolina natural; y espera próximamente confirmar la existencia de 10 TCF de gas natural y poco más 100 MMBbl, que por el momento están catalogadas como reservas probables y posibles. YPFB también estima *“que Bolivia cuenta con un potencial de recursos de gas superiores a los 60 TCF y más de 2.500 MMBbl de petróleo aún por descubrir”* que están repartidos en las áreas que todavía no se ha realizado ninguna operación petrolera. (YPFB, 2012).

A estos datos debe sumarse, además, las reservas potenciales de hidrocarburos no convencionales con que cuenta el país. Si bien en Bolivia todavía no se han realizado todos los estudios para dar cuenta sobre este tipo de recursos, estudios bien fundamentados, encargados por el Departamento de Energía de Estados Unidos, señalan que en Bolivia existen 48 TCF de gas natural técnicamente recuperable (Kuuskra & Otros, 2011).

Considerando esta información, más la evolución del comercio internacional de los hidrocarburos, la disposición de la economía boliviana para exportar hidrocarburos y, también, las crecientes necesidades de energéticos fósiles en Bolivia, se puede prever que las actividades hidrocarburíferas en Bolivia tienen un horizonte largo; inclusive, se puede afirmar que, a corto plazo, existen amplias posibilidades para extender las operaciones petroleras hacia toda el área con potencial hidrocarburífero.

Esta perspectiva, que es halagadora para las arcas del Estado boliviano y todos los involucrados en el rubro petrolero, en contrapartida, hace prever también, el surgimiento y/o profundización de problemas ambientales, sociales, políticos y económicos, sino se consideran adecuadamente las condiciones marco. Respecto a la materia aquí tratada esto implicará un mayor aporte boliviano a la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

4.2. El potencial energético renovable ⁶

Las estimaciones del potencial de Energías Renovables (ER) en Bolivia fueron estudiadas en el marco de proyectos apoyados por la Organización de los Estados Americanos (OEA) en 1990⁷, los cuales fueron desarrollados en conjunto con la Academia de Ciencias de Bolivia y el Ministerio de Energía e Hidrocarburos. Mucha de esa información sigue vigente actualmente. Recientemente el Proyecto de Energía Solar de la Universidad Mayor de San Simón (UMSS) en Cochabamba ha actualizado la información sobre energía solar, la cual también se muestra a continuación.



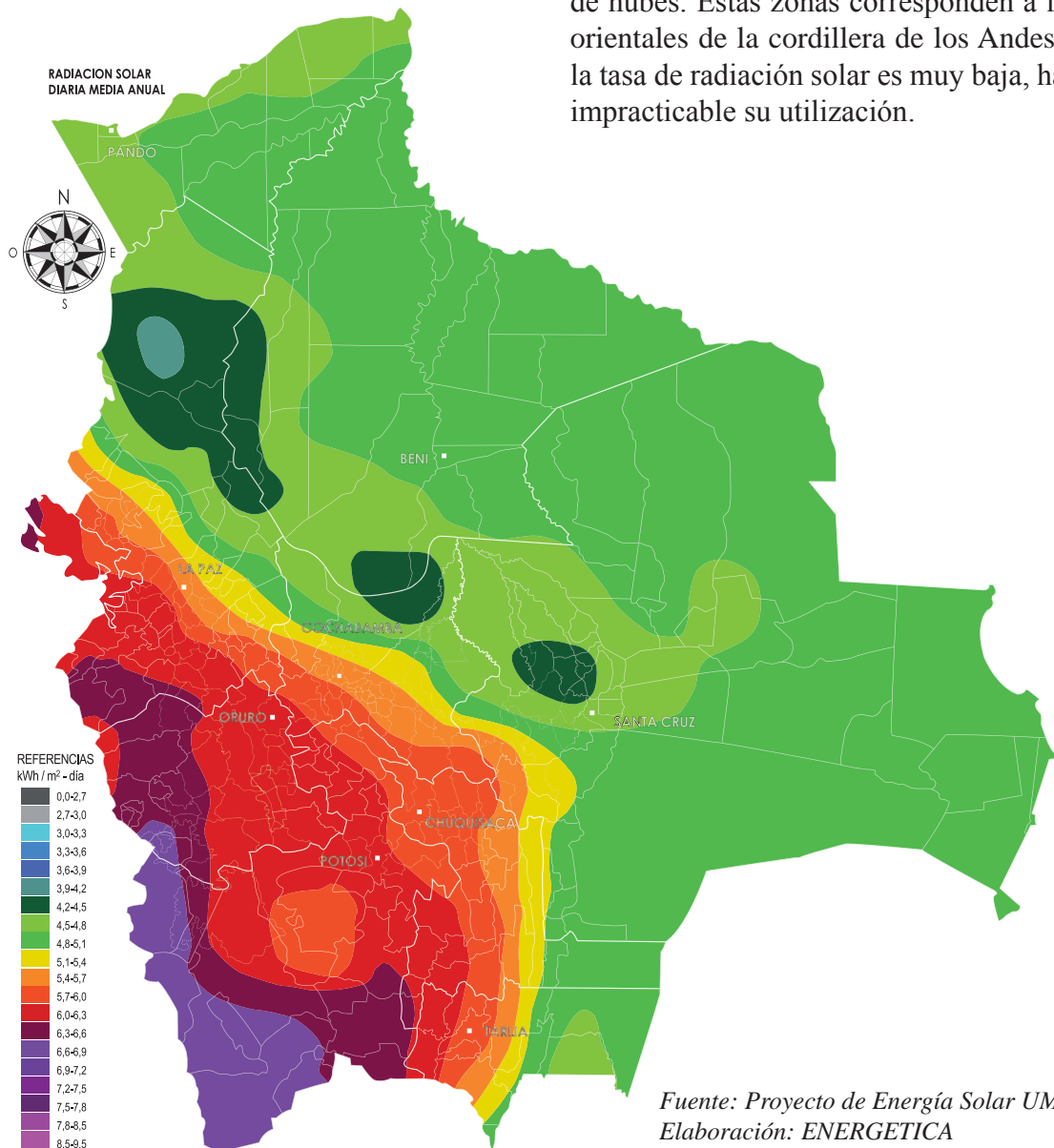
⁶ La redacción de esta parte se basa en el estudio “Rol e impacto socio económico de las energías renovables en el área rural de Bolivia” CED-LA. Plataforma Energética. La Paz, 2010

⁷ Planificación Energética Rural para Bolivia. Gernot Ruths. MEH, 1990.

a) Potencial de energía solar

En Bolivia los valores medios de la radiación solar varían para las zonas del altiplano, valle y llanos. Las zonas de la región del altiplano presentan la mayor tasa de radiación; tasa que va disminuyendo hacia las zonas del llano. Ver Gráfico No. 5. Las regiones del Altiplano y de los Valles interandinos reciben una alta tasa de radiación solar; entre 5 y 6 kWh/m²día, dependiendo de la época del año. En la zona de los Llanos la tasa de radiación media se sitúa entre 4,5 y 5 kWh/m²día. Esta energía es suficiente para proporcionar diariamente 220 Wh/día de energía eléctrica a través de un panel fotovoltaico de 50 Wp.

Gráfico No. 5 Mapa de radiación solar media anual para Bolivia (kWh/m²*día)



Los altos valores de radiación solar en Bolivia se deben a la posición geográfica que tiene su territorio, el cual se encuentra en la zona tropical del Sur, entre los paralelos 11° y 22° Sur. Por ello la tasa de radiación entre la época de invierno y verano no representa diferencias que sobrepasen el 25%, a diferencia de otras regiones del globo que se encuentran en latitudes mayores. Sin embargo, la presencia de la cordillera de los Andes modifica en alguna medida la radiación solar, beneficiando con una mayor tasa a las zonas altas como el Altiplano.

Se puede concluir que la utilización de la energía solar a nivel de todo el territorio nacional es factible, a excepción de algunas zonas que constituyen menos del 3% del territorio, ya que han sido identificadas como zonas de formación de nubes. Estas zonas corresponden a las fajas orientales de la cordillera de los Andes, donde la tasa de radiación solar es muy baja, haciendo impracticable su utilización.

b) Potencial de energía eólica

En el país existe muy poca información sobre el potencial eólico, especialmente aquella que cumple con un mínimo de condiciones acerca de: ubicación, altura de los sensores y calidad de los instrumentos. Normalmente los datos sobre velocidad de viento provienen de estaciones agrometeorológicas y de aeropuertos. Estos datos son puntuales (uno o dos datos en el día y a diferentes horas) y son obtenidos a alturas sumamente variables.

Por otro lado, la diversidad geográfica de Bolivia impide un conocimiento exacto del potencial eólico del país, ya que este tiene una excesiva localidad y consiguientemente alta variabilidad. En general experiencias de aprovechamiento eólico se refieren a bombeo mecá-

nico de agua y generación eléctrica de pequeña escala. Desde hace unos 15 años las áreas de instalación de bombas mecánicas multipala se ubicaron en las colonias menonitas en Santa Cruz, también en Oruro, y en la zona de Uyuni en Potosí, a partir de diferentes proyectos, alguno de ellos desarrollado por la Corporación de Desarrollo de Oruro (CORDEOR).

Se puede observar el potencial eólico de Bolivia en valores indicativos de W/m^2 en el siguiente mapa. Ver Gráfico No. 6. Si se considera que para uso doméstico y productivo es viable el aprovechamiento de la energía eólica a partir de $50 W/m^2$, es posible identificar zonas distribuidas en el trópico y en el altiplano con regímenes de viento suficiente (en el altiplano $154 W/m^2$ y en Santa Cruz $232 W/m^2$).

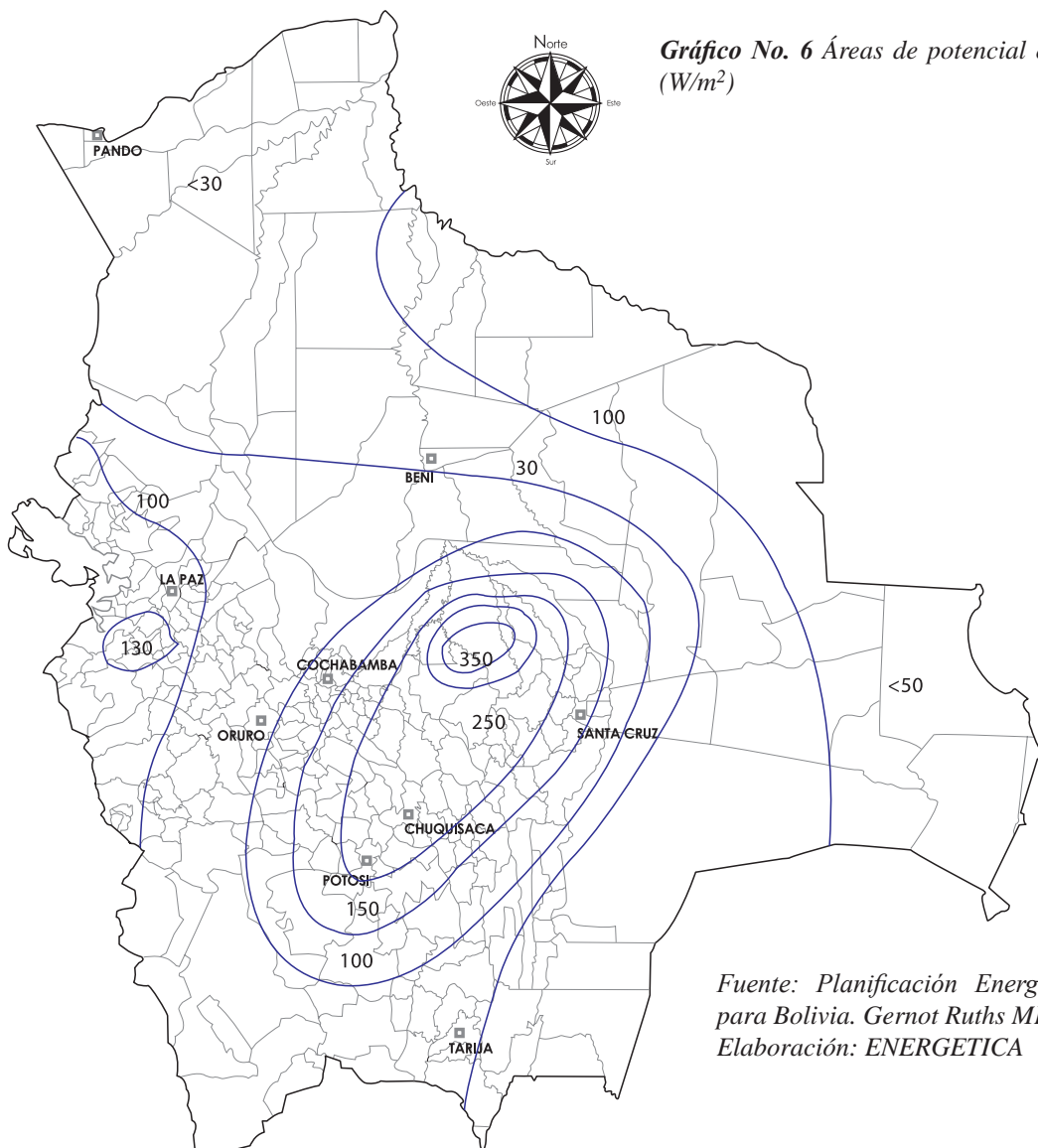


Gráfico No. 6 Áreas de potencial eólico en Bolivia (W/m^2)

Fuente: *Planificación Energética Rural para Bolivia*. Gernot Ruths MEH. 1990
Elaboración: ENERGETICA

3TIER, por encargo de la Transportadora de Electricidad (TDE) ha elaborado el mapa eólico para Bolivia. Aunque muestra tendencialmente dónde actuar, no es concluyente en su información, por lo cual es preciso realizar mediciones e inspecciones in-situ antes de avalar un proyecto eólico como tal. Ver Gráfico No. 7.

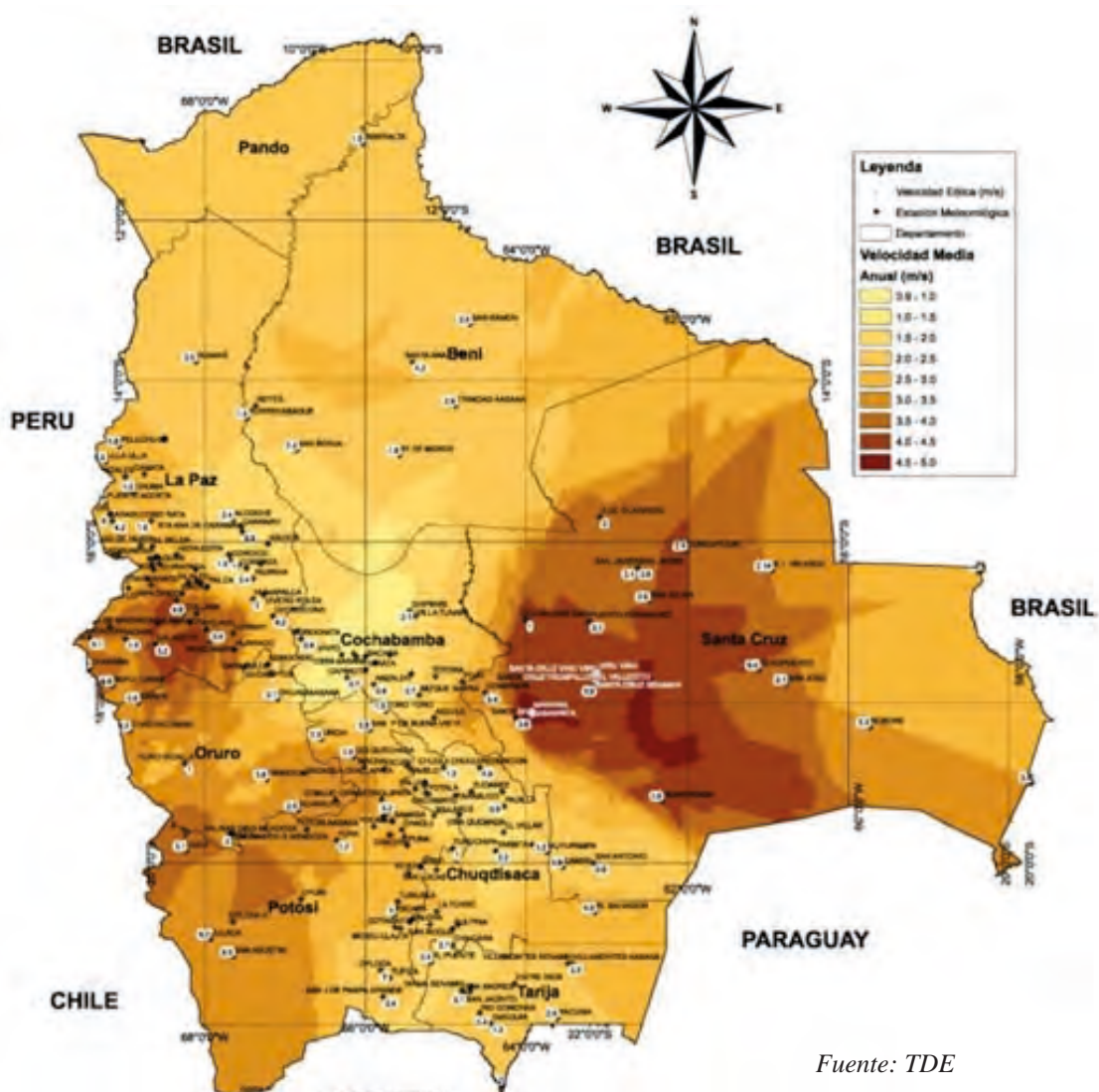
Como se puede inferir, la principal barrera es el desconocimiento del potencial de la energía eólica en el país, pues la excesiva localización de este recurso (debido a la topografía del territorio nacional) no permite una explotación adecuada.

Otra barrera consiste en la falta de información sobre las ventajas de la tecnología por parte de los proveedores y/o fabricantes, así como la

instalación de sistemas piloto que muestren en campo los beneficios que se pueden prestar y que ayudarían a difundir la tecnología.

En los últimos años esta situación tiende a cambiar satisfactoriamente, en vista que la Empresa Eléctrica Corani ha medido el potencial eólico en Qollpana, donde tiene previsto implementar un parque eólico; donde la Empresa Nacional de Electricidad (ENDE) ha realizado estudios específicos del potencial eólico en los departamentos de La Paz, Oruro y Potosí; en esta línea, también las gobernaciones de Oruro y Tarija tienen planificado realizar estudios similares. En conjunto, dichos estudios permitirán un mejor conocimiento y una mayor capacidad de aprovechamiento de esta fuente energética.

Gráfico No. 7 Potencial eólico de Bolivia



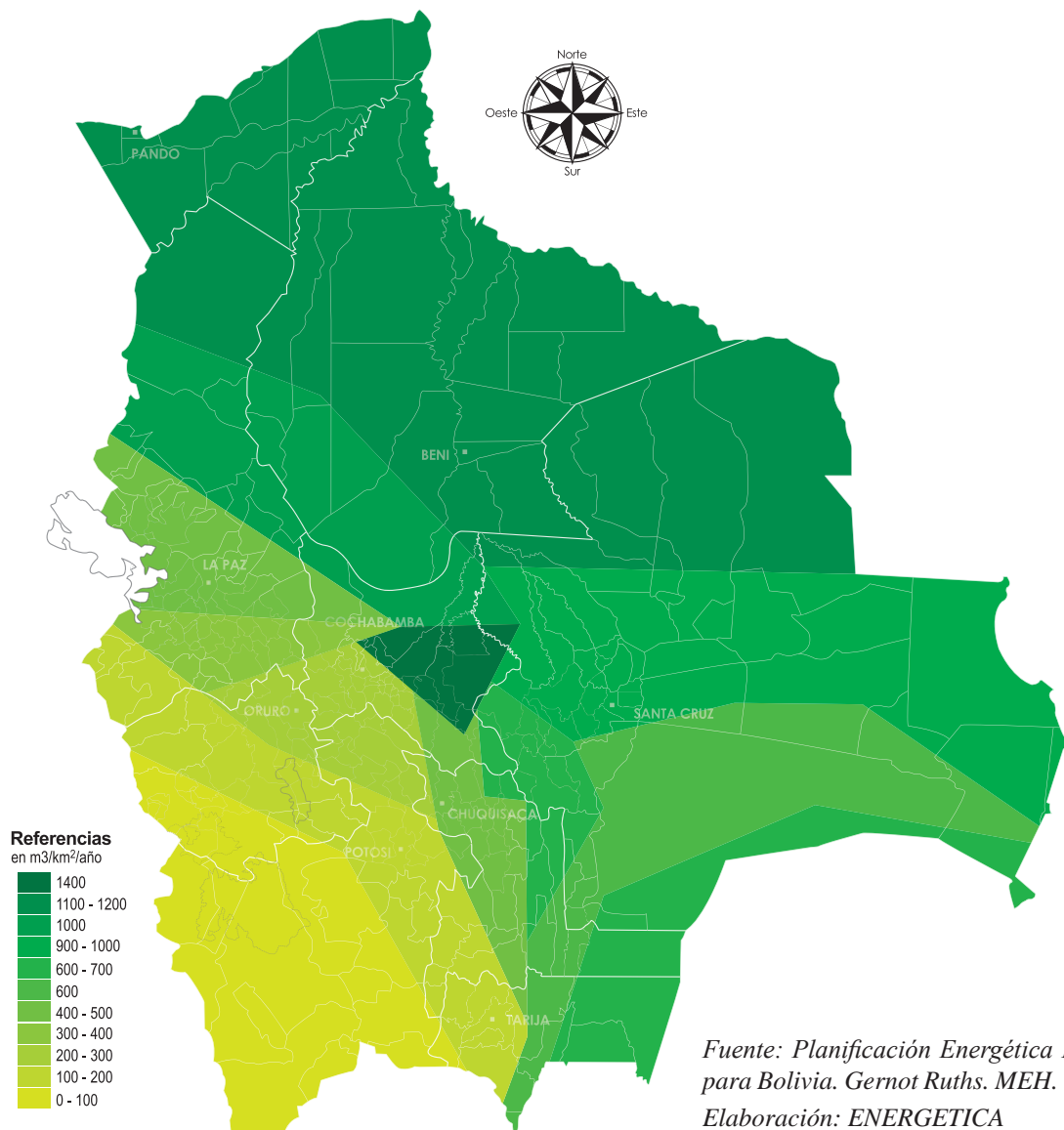
Fuente: TDE

c) *Potencial de energía biomasa*

La productividad de biomasa forestal se aprecia en el siguiente mapa. Ver Gráfico No. 8. Como se puede observar, el potencial más alto está en el norte del país, donde también existe la mayor demanda de diesel para generación de energía.

De manera más específica, se puede considerar como fuentes de biomasa para la producción de electricidad al bagazo de caña en la industria azucarera, la cascara de castaña en las procesadoras de castaña, la cascarilla de arroz en las beneficiadoras de arroz, etc. El volumen de residuos está en función del proceso industrial que se realiza.

Gráfico No. 8 Productividad anual de biomasa en Bolivia ($m^3/km^2/año$)



*Fuente: Planificación Energética Rural para Bolivia. Gernot Ruths. MEH. 1990
Elaboración: ENERGETICA*

Las barreras para el aprovechamiento de la biomasa forestal, más allá del consumo tradicional para cocción de alimentos, radican en la falta de una normativa específica que, en el marco de las regulaciones forestales, establezca las condiciones para su aprovechamiento.

Otra barrera es la falta de conocimiento sobre tecnologías que permitan obtener electricidad a partir de la biomasa. No hay proyectos piloto ni tampoco experiencias locales en funcionamiento. Las experiencias existentes son de gran escala, como una generadora en Riberalta que funciona con cascara de castaña y las generadoras a bagazo de caña que recientemente se han instalado en los ingenios azucareros. En este sentido no existen experiencias pequeñas para la población rural aislada.

d) Potencial de hidroenergía

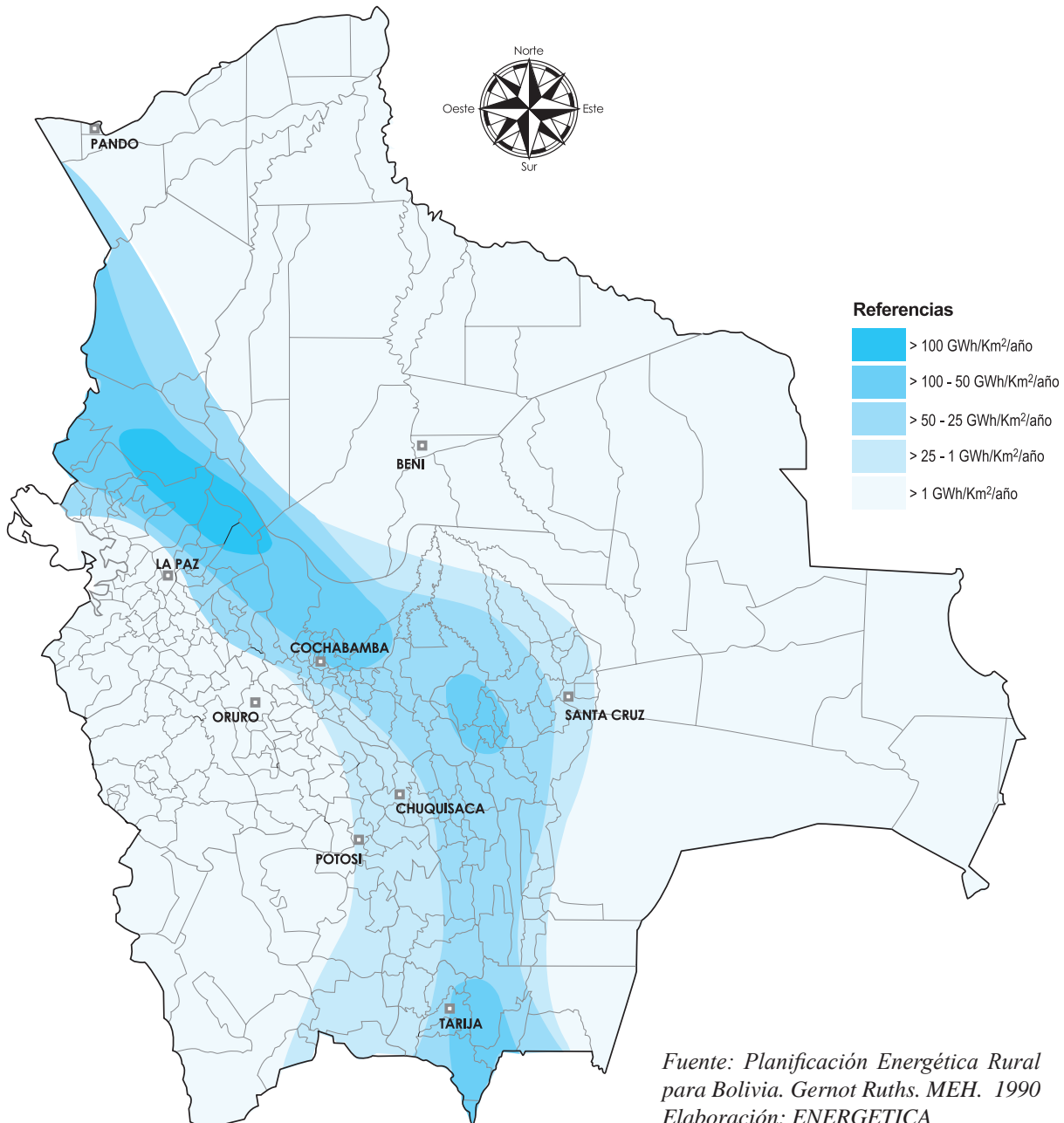
Bolivia tiene un potencial hidroeléctrico estimado en una potencia de 39.800 MW, potencia de la cual apenas se está utilizando 460 MW. Sin embargo, con esa reducida cantidad se genera el 40% de la energía eléctrica que se consume en el país.

El potencial hidráulico ha sido evaluado en el estudio de Planificación Energética Rural para Bolivia (Ministerio Energía e Hidrocarburos [MEH], 1990), el mismo ha demostrado que es

la región subandina del país, es decir la que va de Los Andes hacia los llanos, donde hay mayores posibilidades de aprovechar esta fuente energética. Ver Gráfico No. 9.

Por su parte, la Empresa Nacional de Electricidad (ENDE), a principios de los años 90, inventarió y validó 81 proyectos hidroeléctricos, con una capacidad superior a los 10MW de potencia, cuya gran mayoría hasta ahora no se ha ejecutado. (Montes de Oca, 2005).

Gráfico No. 9 Potencial hidroeléctrico en Bolivia (GWh/m²/año)



No existe a la fecha un estudio que identifique y sistematice la información de todos aquellos lugares donde sea posible instalarse Micro Centrales Hidroeléctricas (MCH), es decir, generadores hidroeléctricos con una potencia igual o menor a los 2MW; sin embargo, la especial configuración fisiográfica del país, permite presuponer que hay amplias opciones para aprovechar los caudales y caídas menores de agua.

El estudio de Ruths indica que para áreas con un potencial específico superior a 100 GWh/km²/año, los costos de inversión media en Micro Centrales Hidroeléctricas (MCH) -sin incluir líneas de transmisión- pueden estar en 1.000 \$us/kW (en dólares de 1990), con costos de energía entre 5 y 10 ctv. \$us/kWh. En áreas con potencial de 50 a 25 GWh/km²/año, los costos de inversión podrían alcanzar entre 1.500 y 2.500 \$us/kW. Finalmente en zonas con potencial entre 25 y 1 GWh/km²/año, los costos de inversión suben a valores críticos entre 2.500 y 5.000 \$us/kW.

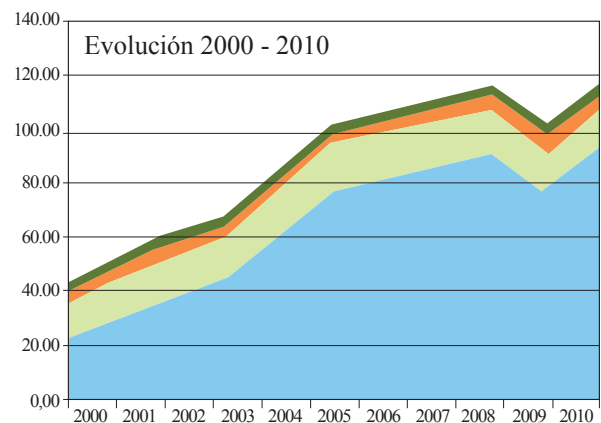
Se puede concluir señalando que el país cuenta con las condiciones físicas necesarias para encarar un desarrollo del potencial hidráulico en condiciones sumamente ventajosas respecto a otros países, sobre todo en los costados de la cordillera.

4.3. Producción y consumo de energía en Bolivia

a) Producción de energía primaria

La producción boliviana de energía los últimos años ha ido en permanente ascenso, de hecho, los datos consignados en el Gráfico No. 10, evidencian que la misma casi se ha triplicado, pues la producción ha subido de poco más de 40.000 kilo barriles equivalentes de petróleo (kbp) a casi 120.000 kbp.

Gráfico No. 10 Bolivia producción primaria de energía (en kpep)



Fuente: Balance Energético 2000 - 2010 (MHE, 2011)

Dicho gráfico también enseña que ese ascenso se debe exclusivamente al aumento de la producción de gas natural, quedando la evolución de las otras fuentes relativamente constante.

Cuando analizamos la producción de energía primaria por fuente, comprobamos que el gas natural tiene una participación que se acerca al 80% del total, le siguen la producción de hidrocarburos líquidos (petróleo, condensado y gasolina natural) con una proporción de alrededor del 14%; lo que significa que casi la totalidad de la energía producida en el país proviene de fuentes fósiles, en precisión, el año 2010 el 93,17%. Ver Cuadro No. 5.

Cuadro No. 5 Bolivia producción primaria de energía (en kpep)

Producción	2009	2010
Petróleo, Condensado y Gasolina Natural	14.718,58	15.355,79
Gas Natural	77.285,89	90.414,84
Hidroenergía	1.422,35	1.346,83
Biomasa	6.162,96	6.407,23
Total	99.589,78	113.524,68

Fuente: Balance Energético 2000 - 2010 (MHE, 2011)

La participación de las fuentes renovables de energía queda reducida a menos del 7% del total; la biomasa con cerca del 6% y la hidroenergía con una proporción levemente superior al 1%.

La tendencia creciente de la producción de energía primaria, así como la mayor participación de los energéticos fósiles, por lo tanto, la mayor producción de emisores de GEI, se explica porque desde el mes diciembre de 1999 la industria petrolera boliviana ha iniciado la exportación de gas natural al Brasil. A lo que debe sumarse también la exportación de dicho energético a la Argentina, en virtud de un contrato en vigencia desde 2006.



b) Producción de energía secundaria en Bolivia

i. Refinación de Hidrocarburos

En Bolivia existen seis instalaciones que procesan el petróleo crudo, el condensado y la gasolina natural que se extrae de los campos en explotación en el país. Cuatro de ellas están ubicadas en el departamento de Santa Cruz, una en Cochabamba, y una en Chuquisaca.

La más grande de todas ellas es la Refinería Gualberto Villarroel ubicada prácticamente dentro el área urbana de la ciudad de Cochabamba, ante la expansión de la ciudad. Esta refinería tiene dos “*unidades primarias de destilación atmosférica*” que en conjunto hacen una capacidad instalada para procesar 39.759 Barriles por Día (Bpd). La segunda, en tamaño e importancia es la Refinería Guillermo Elder Bell, situada en la ciudad de Santa Cruz, también en el área urbana y con los mismos riesgos que esta ubicación amerita. Esta refinería tiene una capacidad instalada para procesar 21.500 Bpd.

Detrás de estas refinerías, en tamaño e importancia, se encuentran: La Refinería Oro Negro y la Refinería Reficruz, ambas con una capacidad de procesamiento de 3.500 y 2.000 Bpd, respectivamente; y ambas ubicadas a 40 Km de la ciudad de Santa Cruz. Les sigue a éstas la Refinería Parapety, ubicada cerca de Camiri, con capacidad para procesar 150 Bpd. Por último, está la Refinería Carlos Montenegro, que cuenta con una capacidad instalada de 3.000 Bpd, pero que se encuentra fuera de servicio.

Evaluando la cantidad diaria de crudo procesado por las dos refinerías más grandes del país, se comprueba que actualmente trabajan por encima del 90% de su capacidad instalada, situación que motivó a que YPFB Refinación encaré los proyectos de ampliación de las mismas.

ii. Generación de electricidad

El sistema eléctrico boliviano está conformado por el Sistema Interconectado Nacional (SIN) y los Sistemas Aislados (SA), estos últimos denominados así, porque no están conectados al primero. El SIN interconecta a las capitales y a los principales municipios de los departamentos de La Paz, Oruro, Potosí, Cochabamba, Chuquisaca y Santa Cruz. Quedan fuera del SIN las áreas rurales y los municipios más alejados de las principales ciudades de estos departamentos; y también los departamentos de Tarija, Beni y Pando, lugares donde los SA cubren los requerimientos de electricidad de la población.

En vista que el sector eléctrico es un monopolio natural, las reformas encaradas en los años 90 aplicaron la separación vertical de las actividades de la cadena productiva y la regulación de las mismas; todo ello con el fin de generar condiciones que simulen un mercado competitivo y hagan más eficiente la asignación de recursos. Este proceso, por su forma, consistió en separar las actividades de generación, transmisión y distribución de electricidad; por su contenido, significó la prohibición a los agentes u operadores de participar en más de una actividad del sector. En la práctica, la separación vertical es aplicada sólo en el SIN; en los SA, en cambio, existen operadores que generan electricidad y la venden directamente a los consumidores; otros que generan y la venden a operadores de distribución; otros que además de generar compran electricidad y también la venden a un distribuidor y/o directamente al consumidor final.

Teniendo en cuenta estas particularidades, habrá que decir, que en general, actualmente existen en Bolivia dos tipos dominantes de producción de electricidad: la generación hidroeléctrica y la generación termoeléctrica por medio de la quema de combustibles fósiles y marginalmente de biomasa.

La capacidad de generación de electricidad en el SIN actualmente es de 1.284MW, 40% corresponde a las centrales hidroeléctricas y 60% es la potencia instalada en termoelectricidad.

En lo que respecta a los SA la capacidad de generación está enteramente concentrada en termoelectricidad, en concreto, el 95% de la capacidad instalada, siendo lo restante potencia instalada en hidroelectricidad.

En consonancia con la capacidad instalada en el SIN, la generación bruta correspondiente a hidroelectricidad alcanzó 2.280,9GWh en 2010; en tanto que la correspondiente a la termoelectricidad llegó a 3.091,5GWh esto es equivalente al 42,46% y al 57,54% de la generación respectivamente.

En los SA la generación bruta de electricidad corresponde casi enteramente a la termoelectricidad, al punto que este tipo de centrales produjeron 806,70MWh en 2010; en cambio, la generación por hidroelectricidad en los SA apenas logró la generación de 23MWh.

Un aspecto sustancial en directa relación con la generación de electricidad es el uso de fuentes primarias de energía. En la termoelectricidad correspondiente al SIN, los combustibles más utilizados son el gas natural y el diésel, y desde el año 2007, de manera aún limitada, el uso de bagazo de caña de azúcar. Aunque esta experiencia significa el 2% del total de la potencia instalada y el 0,30% de la generación bruta del país, no deja de ser importante porque recupera biomasa que en otro tiempo se desechaba e inicia la utilización de fuentes renovables en el país.

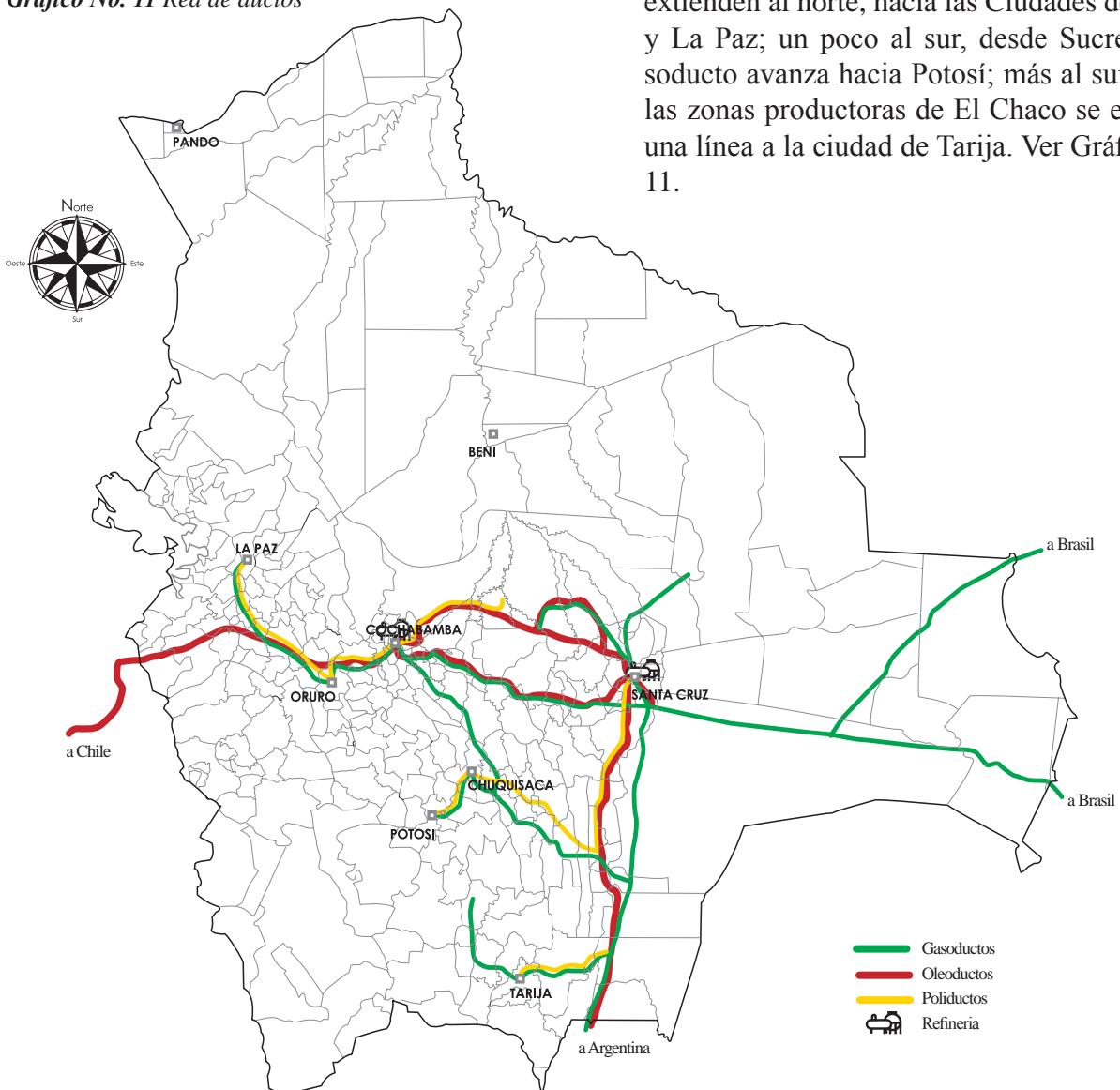
A diferencia de lo que acontece en el SIN, en los SA el uso del diésel es predominante, de las 78 centrales eléctricas en los SA, 57 funciona con este combustible; 17 con GN y sólo 4 con fuerza hídrica.

Un indicador que permite evaluar el estado de la generación de electricidad es el Margen de Reserva, que relaciona la demanda máxima de electricidad en un momento dado y la potencia disponible en el mismo momento, cuyo estándar óptimo y generalmente aceptado es que la demanda máxima no debe ser superior al 90% de la potencia disponible, es decir, debe existir un margen de al menos 10% entre ambos, a fin

de garantizar que las operaciones y el servicio eléctrico puedan responder con seguridad y confiabilidad a posibles fallas en el funcionamiento del sistema o subidas sorpresivas de la demanda. En el caso boliviano, desde el año 2008 ese margen está por debajo de esos 10 puntos.

Se ha visto que la potencia instalada y la generación bruta en y por medio de la termoelectricidad son mayores a la potencia instalada y a la generación realizada por medio de la hidroelectricidad. Esta situación que contrasta con el potencial hídrico boliviano, se explica porque el precio del gas natural destinado a la producción de electricidad es sumamente reducido, tanto que hace más rentable la generación térmica que hídrica.

Gráfico No. 11 Red de ductos



c) Distribución de energía

i. Transporte y Distribución de Hidrocarburos

El transporte de hidrocarburos en Bolivia, sobre todo el que se realiza desde los campos productores a los centros de consumo interno y externo se lo realiza principalmente por ductos. En Bolivia este sistema de ductos está conformado por gasoductos, oleoductos y poliductos. La red de gasoductos tiene una extensión total de 4.378 km (51% del total de ductos en el país); el sistema de oleoductos tiene una extensión de 2.606 km (31%) y el de Poliductos se extiende a lo largo de 1.512 km (18%). Geográficamente, partiendo de los campos productores los gasoductos han logrado conformar un círculo que une las ciudades de Santa Cruz, Cochabamba y Sucre; posteriormente, desde Cochabamba se extienden al norte, hacia las Ciudades de Oruro y La Paz; un poco al sur, desde Sucre el gasoducto avanza hacia Potosí; más al sur, desde las zonas productoras de El Chaco se extiende una línea a la ciudad de Tarija. Ver Gráfico No. 11.

En cambio, los oleoductos, partiendo de las regiones productoras están dirigidos a las ciudades de Santa Cruz y Cochabamba, precisamente donde están ubicadas las Refinerías más grandes del país. Puede verse también que desde Cochabamba, pasando por SicaSica se tiene una conexión con Chile, que es el lugar por donde se exporta el Crudo Reconstituido.

Como puede observarse en el Gráfico No. 11, una parte de los poliductos transportan productos refinados de Cochabamba, donde está ubicada la Refinería Gualberto Villarroel, a las ciudades de Oruro y La Paz, por un lado; y hasta Puerto Villarroel, por otro; desde este último punto se envía hidrocarburos refinados al norte del país. Otra parte de los poliductos está uniendo la Refinería Guillermo Elder Bell, con Camiri, de donde se extiende hacia Sucre y Potosí. Por último, una extensión pequeña va de la ciudad de Villamontes hacia Tarija.

De esta manera las redes de ductos en Bolivia están llegando a siete de las ciudades capitales más la ciudad de El Alto, aledaña a La Paz, que son los centros urbanos más poblados del país. Quedan fuera del alcance y ámbito de incidencia de estos ductos las capitales de departamento Trinidad y Cobija, en Beni y Pando; así como importantes ciudades intermedias en el norte del país, en el suroeste potosino, y en el extremo oriental de Santa Cruz.

A esta red de ductos se acopla las redes de gas domiciliario, que distribuyen este combustible a algunas estaciones de servicio y a los hogares que tienen la conexión domiciliar. También se acoplan el sistema de almacenaje de combustible, las cisternas de distribución a las gasolineras, y los camiones que distribuyen las bombonas de GLP directamente a los hogares. Como podrá suponerse, estos acoples se circunscriben también al área urbana y deja desatendida el área rural.

ii. Transmisión y distribución de electricidad

La Transmisión en el país es definida como aquella actividad “de transformación de tensión de la electricidad y su transporte en bloque desde el punto de entrega por un generador, autoproducer u otro transmisor, hasta el punto de recepción de un distribuidor, consumidor no regulado, u otro transmisor” (AE 2008:189).

La transmisión tiene un precio que corresponde al costo medio optimizado. Así los precios se regulan en función de la tasa de retorno. Para esto se determinan la remuneración de la transmisión, en función de la anualidad de la inversión del sistema de transmisión, más los costos de operación, mantenimiento y administración. La remuneración bien por ingresos tarifarios y pago de peajes. El peaje es una tarifa tipo estampilla que no considera las distancias, el pago depende solo del volumen a transportar. Físicamente, esta actividad está constituida por las líneas de transmisión y una serie de transformadores de potencia; en Bolivia, organizativamente se tiene al conjunto de líneas de transmisión de alta tensión que conforman el Sistema Troncal de Interconexión (STI) y las líneas de transmisión que están por fuera de este sistema, ambas son parte del SIN. Dentro del SIN, en el país existen 4.581 Km de líneas de transmisión; de ese total 1.722 Km corresponden a líneas de transmisión con una tensión de 230kV; 1.229 Km son líneas con 115kV de tensión; y 1.628 Km son líneas con 69kV de tensión. Las líneas de transmisión que conforman el STI tienen una extensión de 2.400 Km, de ese total 1.545 Km corresponden a alta tensión (230kV), 669 km tienen una tensión de 115kV; quedando una pequeña proporción del STI (185 Km) con una tensión de 69kV. Ver Gráfico No. 12

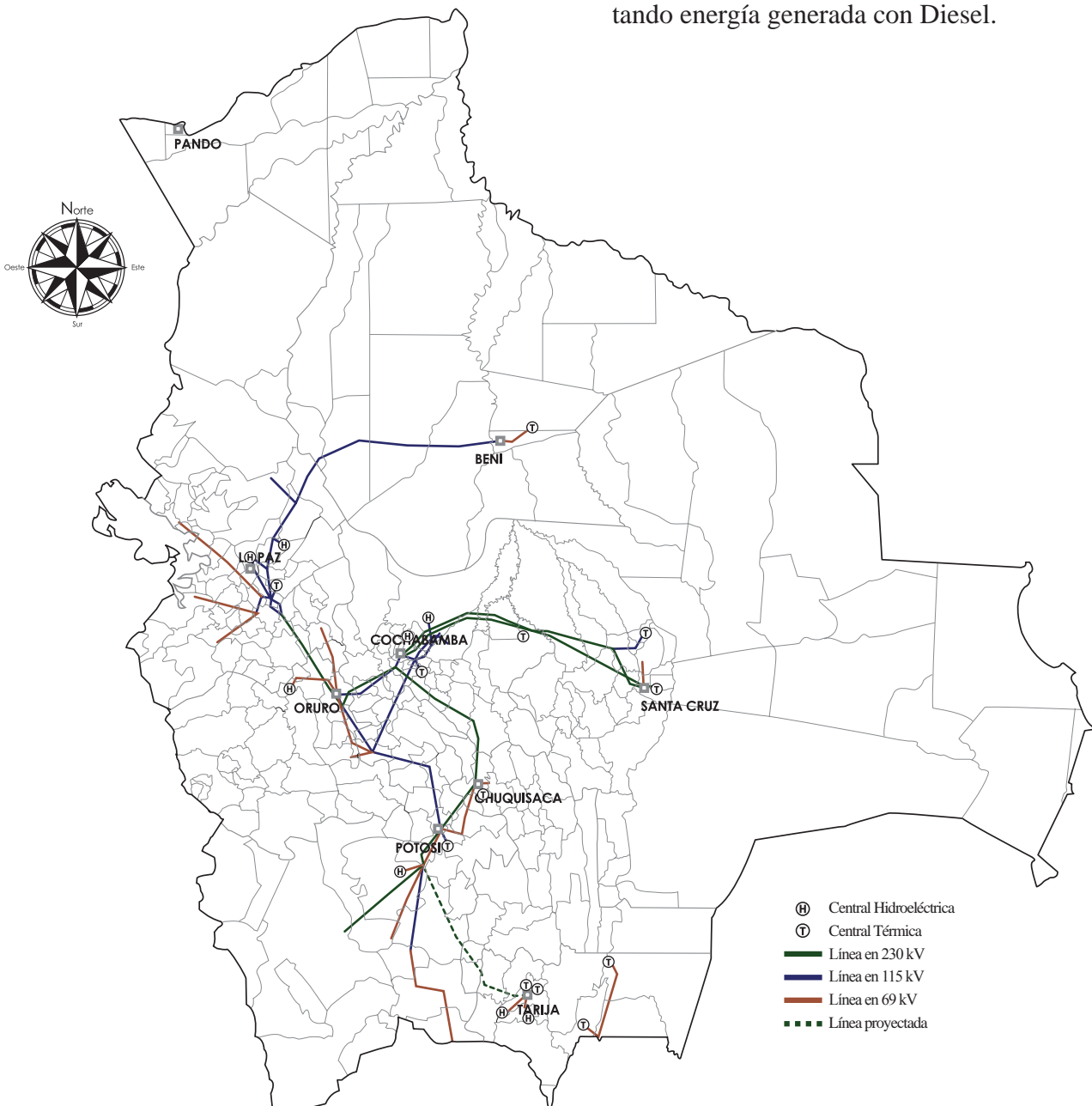
En esta actividad lo que importa es que exista la capacidad suficiente de transportar toda la energía generada, a la vez de contar con la capacidad de transformar la potencia de la misma, de tal manera de adecuarla a los requerimientos y necesidades de las empresas distribuidoras y del usuario final. De nada serviría contar con elevados niveles de generación de electricidad

si ésta no puede ser transmitida. En este sentido, hasta el momento, existe una adecuada relación proporcional entre la capacidad instalada en generación y la infraestructura de transmisión existente en el país.

En general el estado de las subestaciones, y líneas de transmisión del SIN tienen un desempeño técnico óptimo. El nivel de pérdidas de 1,2% es un indicador que ratifica este hecho. Aun así se visualiza dos potenciales problemas:

- La necesidad de reforzar las líneas de transmisión hacia La Paz. Ante un crecimiento de la demanda, la necesidad de abastecer a esta región pasa o por incrementar los despachos de energía a través de líneas de transmisión (y consiguientemente ampliar la capacidad de transmisión hacia la zona) o en su defecto, el generar localmente e inyectar energía en la misma La Paz.
- Otro potencial problema es la estabilidad de la línea Sucre - Potosí, que para mantener niveles de tensión adecuados, exige la inyección de energía. Actualmente se está inyectando energía generada con Diesel.

Gráfico No. 12 Sistema Interconectado Nacional



Fuente: VMEEA - MHE

La actividad de distribución es la que acerca la electricidad al consumidor final o, si se prefiere, es el mercado minorista de electricidad, al que concurren las empresas distribuidoras y los consumidores finales. Del total de energía distribuida es la CRE con 1.586 MWh la que distribuye una mayor proporción, seguida de Electropaz y Elfec con 1.154 MWh y 751 MWh respectivamente, y ELFEO, SEPSA y CESSA con proporciones menores. Por la forma en que está organizada esta actividad en el SIN podría decirse que las cifras por empresa corresponden al consumo realizado en cada departamento.

Una mirada al sistema de transmisión de energía eléctrica confirma que están conectados siete departamentos de los nueve que tiene el país, y dentro de ellos atendiendo las ciudades capitales, las ciudades intermedias y el área de influencia de la red eléctrica; no obstante, puede apreciarse que una gran parte de las poblaciones alejadas del SIN queda por fuera del servicio eléctrico; de algún modo, los SA subsanan en parte la atención de estos poblados, sin embargo, estos no son suficientes para resolver las necesidades eléctricas del área rural. No se pretende que la red eléctrica atienda a todas las poblaciones del país, máxime si se toma en cuenta que intentar hacerlo sería demasiado costoso o existen otras alternativas tecnológicas mucho más económicas que las convencionales; sino tan sólo, se quiere evidenciar que gran parte de territorio boliviano no tiene acceso a energía eléctrica ni convencional ni renovable.



d) Consumo final de energía

Si se toma en cuenta que cada año alrededor del 63% del total de energía primaria producida en el país es exportada, en forma de gas natural o crudo reconstituido, y se resta esos volúmenes de los consignados en el cuadro N° 5, se obtiene los volúmenes de energía primaria consumida por el mercado interno boliviano.

Este ejercicio, aparte de precisar mejor la cantidad de energía primaria producida y utilizada en el país, da pie para anotar que casi dos terceras partes del gas natural que se queda en el país, se utiliza dentro de la misma industria, es decir, no son destinados al consumidor final. También hay que anotar que la participación del petróleo en la producción destinada al mercado interno, no abastece la demanda boliviana de combustibles derivados del mismo, especialmente diesel oil, y también gasolina automotriz y gas licuado de petróleo (GLP), motivo éste que hace que Bolivia importe dichos combustibles.

Realizadas esas deducciones se puede decir que el consumo final de energía en el país, alcanzó a 34.588,74 kbep el año 2010. El cuadro N° 6 muestra el consumo nacional de esta energía por sector.

Cuadro No. 6 Consumo final de energía por sector

Fuente	2009	2010	% 2010
Transporte	12.522,19	13.946,83	40,32
Industria	8.919,99	9.191,37	26,57
Residencial	6.128,64	6.474,03	18,72
Comercial	897,89	1.042,95	3,01
Agrop., Pes. y Min.	3.555,40	3.933,56	11,37
Total	32.024,11	34.588,74	100

Fuente: Balance Energetico Nacional, MHE 2011

En el cuadro No. 7 se muestra la energía primaria que es efectivamente usada por el consumidor final, y está dada por el 20% del gas natural y el 16% de la biomasa. El restante 64% del consumo final está constituido por energías secundarias, principalmente combustibles fósiles como diésel (24%), gasolina (17%) y GLP (9%), que en parte han sido refinados en el país y en parte han sido importados. También está la electricidad (11%) para cuya generación se utiliza la hidroenergía, el gas natural y, marginalmente, biomasa.

Si hacemos la lectura diferenciando la energía fósil de las fuentes renovables, podemos concluir que al menos el 75% del consumo final de energía en el país proviene de las primeras y sólo el restante de las segundas. Entre las renovables tiene preeminencia la biomasa, que inclusive tiene una proporción mayor a la electricidad y similar al de la gasolina.

Cuadro No. 7 Consumo final de energía por fuentes (en kbep)

Fuente	2009	2010	% 2010
Gas Natural	6.594,90	7.059,41	20,41
Biomasa	5.429,23	5.685,65	16,44
Electricidad	3.542,56	3.787,14	10,95
GLP	2.831,78	2.940,36	8,50
Diesel Oil	7.501,83	8.382,12	24,23
Gasolinas	5.170,73	5.715,67	16,52
Otros Derivados	953,67	1.018,40	2,94
Total	32.024,11	34.588,74	100

Fuente: Balance Energetico Nacional, MHE 2011

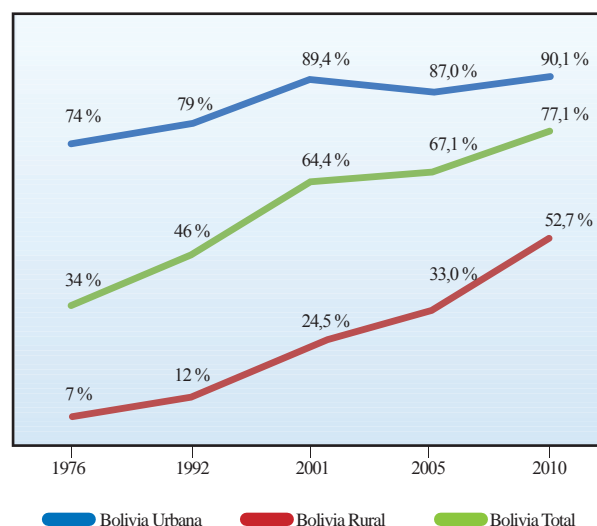
e) Cobertura eléctrica

El acceso a la energía eléctrica, sin duda marca el ingreso a servicios modernos de iluminación, comunicación, entretenimiento e información. En muchas regiones aisladas, el acceder a la electricidad tiene un sentido de inclusión social. Ver Gráfico No. 13.

En el área urbana a nivel nacional la cobertura promedio fué de 89,4% en el año 2001, llegando al 90,1% el 2010. En el área rural la cobertura se ha elevado del 24,5% en el 2001 al 52,7% en 2010. El nivel de cobertura total en Bolivia al 2010 alcanza al 77,1%. El mayor crecimiento de cobertura se ha dado en el área rural. Aún así el acceso a la electricidad por parte de la población de estas comunidades sigue siendo un problema no resuelto.

Una situación particular de la población no electrificada hasta el momento es que sus condiciones de aislamiento y dispersión son cada vez mayores, imposibilitando de manera directa que la extensión de redes eléctricas sea una solución casi automática, como en el pasado, para la energización de estas familias.

Gráfico No. 13 Cobertura Eléctrica Urbana, Rural y Nacional, 2010



Fuente: Plan de Universalización Bolivia con Energía 2010 - 2025

4.4. Emisiones de GEI del sector energético boliviano

Las emisiones de GEI del sector energético boliviano se calculan respecto de los energéticos efectivamente consumidos en el país, es decir, se excluyen de dicho cálculo los volúmenes exportados.

Tomando en cuenta ambos aspectos es que el último Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de Bolivia 2002 - 2004 (MMAYA, 2009) estimaba que el sector energético era el causante de la emisión de 10.201,91 Gigagramos (Gg) de Dióxido de Carbono Equivalente (CO²-eq). Volumen que representa el 11,96% del total de emisiones del país y lo ubica en el cuarto lugar de los cinco sectores de emisión definidos en la metodología del inventario⁸.

Por su parte el Balance Energético Nacional, estimó que para el 2010 las emisiones del sector habían subido a 14.8282 GgCO²-eq, lo que es explicable, porque las actividades económicas realizadas en Bolivia se dinamizaron los últimos años. Una rápida revisión de los principales indicadores de la economía boliviana y de los planes de desarrollo hidrocarburífero y eléctrico, permite asegurar que la senda del crecimiento económico se mantendrá, y por la tanto, también se mantendrá la tendencia creciente de las emisiones de GEI. Relativizando esta situación, valga mencionar que las emisiones bolivianas por uso de energéticos significan apenas el 0,98% del total de emisiones de CO²-eq atribuibles al sector energético en América Latina y el Caribe.

Siendo un poco más específicos puede decirse que el mayor impacto del sector se presenta en la fase de generación (para el sector eléctrico) y en el consumo final (para el sector de hidrocarburos). No obstante, un factor importante para estas bajas emisiones, es la utilización de Gas Natural en la generación de electricidad y también la generación hidroeléctrica. En el sector transporte y la industria la incursión del GN desplazando a la gasolina y el diesel también contribuye a disminuir las emisiones.

Desde el punto de vista de emisiones del sector como tal, los resultados presentados no parecen ser un impacto ambiental relevante. Sin embargo, los problemas ambientales del sector energético se presentan a nivel más local y focalizados. Entre ellos se puede mencionar:

- La contaminación in-door en viviendas campesinas como consecuencia del uso de la leña en fogones abiertos. En hogares rurales, mujeres y niños están sometidos a niveles de contaminación de aire hasta 3 veces los niveles máximos permitidos por la OMS.⁹
- La baja calidad de aire en ciudades como La Paz, Cochabamba y Santa Cruz, como consecuencia de un incremento del sector transporte y del sector industrial.
- El uso indiscriminado de biomasa en la pequeña industria rural y urbana marginal como por ejemplo la fabricación de yeso, cal y ladrillo.

8 De acuerdo al inventario el sector Uso de la Tierra y Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (UTCUTS) emite 37.812,34GgCO²-eq (44,31%); el de Procesos Industriales 21.306,85GgCO²-eq (24,97); el Agrícola 14.062,76GgCO²-eq (16,48%); y el sector Residuos 1.947,30GgCO²-eq (2,28%).

9 Informe sobre emisiones in-door por fogones de leña en hogares del municipio de Alalay. ENERGETICA 2001

5

El rol de la energía en el área rural boliviana

5.1. Consumo energético en el área rural

Considerando los niveles de cobertura eléctrica el año 2010, a pesar de los esfuerzos realizados en la electrificación rural con redes eléctricas, aún quedan 548.3843 hogares que no tienen acceso a electricidad y cerca de 800.000 hogares usan leña como fuente principal de energía.

En el contexto rural, está validado que el acceso a la energía marca la diferencia en la calidad de vida de la gente y mejora sus condiciones de sostenibilidad. Estas familias tienen un acceso limitado a la energía usando pilas, velas y mecheros, energéticos que son más contaminantes que los usados en el área urbana; y además, en términos reales, las familias rurales pobres proporcionalmente pagan más por servicios de energía de baja calidad.

En el área rural los hidrocarburos apenas si llegan, particularmente el GLP de amplio uso a nivel urbano, solo está presente en los centros rurales más importantes, mientras que al resto del territorio nacional sencillamente no existe presencia de este combustible.

La principal fuente energética en estas áreas dispersas y alejadas, es la biomasa que en pro-



10 Aunque existen zonas donde los consumos eléctricos están por debajo de los 20 kWh/mes aún

medio cubre el 80% de la demanda total rural de energía (existiendo algunas zonas donde este recurso cubre hasta el 97% de esta demanda (INE, ESMAP 1997), situación que no ha cambiado en los últimos 13 años.

Los consumos en electrificación rural alcanza en promedio apenas a 25 kWh/mes por familia y la mediana se posiciona en 32 kWh/mes por familia, una cantidad de energía que solamente permite un uso limitado de iluminación, radio y algunas horas de televisión¹⁰.

Se puede afirmar que una gran parte del sector rural está prácticamente marginado de los sistemas convencionales de energía. Mientras la población urbana de Bolivia vive ya en el Siglo XXI, la población rural, dispersa y aislada aún tiene una realidad del siglo XIX. Dos siglos es la distancia entre el campo y la ciudad.

Las diferencias de patrones de consumo energético entre una familia rural y una familia urbana se pueden analizar reduciendo todos los energéticos que se consumen a una sola unidad equivalente como sería el Barril Equivalente de Petróleo (BEP). En el Cuadro 8 se muestra esta situación.

Cuadro No. 8 Patrones de consumo energético familiar urbano - rural (BEP/Año)

Fuente	Urbano	Rural
Biomasa	0.27	5.01
Diesel / kerosene	0.15	0.215
GLP	1.49	0.12
Electricidad	1.38	0.016
Total BEP/año	3.29	5.361
Total BEP/año (energía útil)	1.93	0.65

Fuente: *Energía y Desarrollo Sustentable en ALAC. Estudio de Caso de Bolivia. OLADE CEPAL GTZ. Fernández, Ríos. 1997*



Es posible observar que unas fuentes suministran energía térmica, mientras que otras proporcionan iluminación y comunicación. El área urbana centra su suministro energético en la electricidad y el GLP (ambas representan el 87% del total del consumo), mientras que el área rural el mayor peso está en la biomasa (93%), y el diesel/kerosene (4%).

Al comparar el consumo de una misma fuente entre el área urbana y rural, se tienen diferencias apreciables, pues mientras las diferencias de consumo en biomasa de una familia rural son de 19 veces respecto a una familia urbana, para el caso del GLP una familia urbana consume 12 veces más que su homóloga rural y finalmente, en el caso de electricidad una familia urbana consume 86 veces más energía eléctrica que una familia rural.

Totalizando físicamente el volumen de energético consumidos, una familia rural demanda 1.6 veces más que una familia urbana, sin embargo cuando se analiza los rendimientos de los energéticos y se calcula la energía útil que utiliza cada familia, la relación se invierte: una familia urbana dispone de 3 veces más de energía útil que una familia rural. Esta situación muestra

la indigencia energética rural existente, como consecuencia del empleo de tecnologías energéticas ineficientes. Esto ratifica que el sector rural está prácticamente marginado de los sistemas convencionales de energía, pues el GLP y la electricidad si bien han empezado a penetrar en el mercado rural, tropiezan con la barrera de la dispersión la falta de acceso, además que los ingresos rurales mucho más bajos que los urbanos, limitan el consumo de estos energéticos.

En general, fuentes como la electricidad, kerosén, velas, pilas y diesel, que se usan para fines no térmicos, no son representativas en la matriz energética de los hogares rurales, representando solo un 11% del uso final de la energía.

Los gastos para cubrir esta demanda del 11% de energía, en promedio significan un 78% del gasto energético total de una familia. Estos gastos anuales en iluminación y comunicación en promedio significan para el Altiplano \$US 68/año, para los Valles \$US 107/año y para los Llanos \$US 114/año. Anualmente se calcula que en el mercado de velas mecheros y pilas gira casi 114 MM \$US en iluminación (con energéticos tradicionales, pilas, velas y mecheros) y 5MM \$US en biomasa.

5.2. Demandas energéticas rurales

Las demandas de energía en el área rural tienen al menos tres vertientes: las demandas domésticas, comunales o sociales y productivas. Entre las demandas domésticas, las principales demandas son de iluminación, comunicación (radio, televisión), cargador de celular, y en menor grado algunos electrodomésticos.

En el campo térmico las demandas son de calor para cocción, calentamiento de agua. Las demandas de tipo comunal consideran aspectos de uso social como: iluminación de postas y escuelas, radiocomunicación o telefonía, sistemas de video/televisión, bombeo de agua potable.

Las demandas productivas son variadas y dependen de la región específica, en mayor grado se necesita energía para bombeo de agua para riego y abrevaderos de ganado, accionamiento de molinos, maquinaria de carpintería, pequeños talleres metalmecánicos, refrigeración, etc. Sin embargo estas demandas son de tipo puntual. Ver Cuadro No. 9.

Como se observa, muchas de las demandas se concentran en el uso de la electricidad. Las demandas de energía térmica para cocción de alimentos, transformación y elaboración de productos diversos, e incluso aplicaciones de uso semi industrial como la elaboración de chan-

caca, ladrillos no aparece como una falencia, salvo en zonas alejadas donde se presente un déficit de leña.

Hasta el momento, la principal opción de solución para el problema del suministro energético ha sido la extensión de la red eléctrica, con costos de conexión por familia de aproximadamente 1.300 \$US.

Las razones para esta situación es que las comunidades están cada vez más lejanas, más aisladas y el número de familias que vive en ellas es pequeño (alrededor de 20 familias como promedio). Esto significa que la red eléctrica se acerca al límite técnico y económico como solución, en nuestro contexto de país.

Entonces, revisando las variables de dispersión geográfica y reducidos grupos poblacionales con niveles altos de aislamiento, así como el tipo de demandas existentes, se puede ver que las energías renovables tienen un extraordinario nivel de correspondencia como solución a las demandas energéticas de estas comunidades.

Cuadro No.9 Consumo de energía en comunidades dispersas

Fuentes de energía	Total (%)
Iluminación	4,91
Cocción	89,97
Calentamiento de agua	3,79
Calefacción ambiente	0,04
Refrigeración alimentos	0,59
Audiovisión	0,10
Electrodomésticos	0,01
Bombeo	0,14
Generación Electricidad	0,12
Usos no energéticos	0,32
TOTAL	99,99

6

Inserción de las energías renovables en Bolivia

6.1. Contexto para las energías renovables

Con un escenario energético siempre dominado temáticamente por los hidrocarburos, la electricidad y circunstancialmente por la electrificación rural, las energías renovables para su desarrollo se adosaron más bien a los proyectos de desarrollo rural, de promoción ambiental y de promoción social, pues no se lograba un reconocimiento oficial.

La adopción oficial por el Estado, se inicia con la creación del Vice Ministerio de Electricidad y Energías Alternativas. Con esta titularidad, las ER's incursionan de manera formal en el menú energético nacional, aunque aún estrictamente relacionadas con aplicaciones rurales, descentralizadas y coadyuvando a la electrificación rural. Esta la razón por la cual en el VMEEA existen proyectos de sistemas fotovoltaicos o micro centrales hidroeléctricas, pero aún no de sistemas termo solares por ejemplo u otras aplicaciones térmicas.

Considerando la existencia de una nueva Constitución Política del Estado respetuosa del medio ambiente, las declaraciones y compromisos de cambio de la matriz energética desplazando poco a poco los combustibles fósiles por fuentes más limpias, así como una mayor conciencia sobre los impactos del cambio climático,

parecería que las ER's tienden a afirmarse y masificarse en su aplicación.

En el contexto internacional, durante y luego de la cumbre de Copenhague, uno de los temas que salió a relucir fue el energético, donde se ha expresado que la apuesta global sería por las energías renovables como una de las salidas a los problemas de la contaminación proveniente del sector energético.

Actualmente en el país, las energías renovables desde hace muchos años que juegan un rol importante en el desarrollo energético rural, y han generado una experiencia muy importante para Latinoamérica. Proyectos bolivianos han servido de modelos en otras partes del mundo. Sin embargo, poco a poco se van vislumbrando opciones de aplicación urbana que pueden ser competitivas y también nuevos escenarios urbanos y rurales, en los cuales pueden coadyuvar a lograr una matriz energética más limpia, al ahorro de los energéticos fósiles y, finalmente a movilizar la economía energética también en el ámbito de las energías renovables.

Aunque se contemplan ya en los planes de ENDE y el VMEEA el desarrollo de parques eólicos para inyectar energía al SIN, el análisis que se realiza en los siguientes puntos tiene un sesgo que prioriza las aplicaciones directas a realizarse por la población urbana o rural.



6.2. Tecnologías de energías renovables para el área rural

Para realizar un inventario tecnológico de soluciones basadas en energías renovables, es preciso definir cuáles son las tecnologías disponibles en el país. Así, se define como tecnologías de energías renovables disponibles, aquellas que cumplan con las siguientes condiciones:

- Conocimiento por parte de personal local para su manejo, instalación, operación y mantenimiento
- Disponibilidad local de los equipos, repuestos
- Producción local o al menos capacidad de reparación local y con las capacidades técnicas disponible en el país y sobre todo en ciudades intermedias
- Garantías de los proveedores de la tecnología hacia los usuarios finales, de manera que en caso de fallas sea posible obtener un recambio de los mismos
- Que se disponga de experiencias de aplicación locales positivas a nivel experimental y difusión aunque sea a escala pequeña

Básicamente, se puede definir como tecnologías disponibles localmente, aquellas que habrían tenido un cierto recorrido en la curva de aprendizaje y de introducción de tecnología¹¹.

Estas restricciones hace que las tecnologías que se promuevan, apuntalen a que los usuarios accedan a "energía sostenible", limitando la difusión de aquellas soluciones de tipo experimental, pues no sería responsable el generar expectativas que no se cumplan con los grupos carentes de energía.

De esta manera, entre las principales opciones de energías renovables disponibles en el país, con una provisión local de equipos, servicios, garantías y experiencias positivas en su aplicación se pueden mencionar las siguientes:

a) Sistemas fotovoltaicos

Los sistemas fotovoltaicos, convierten la radiación solar directamente en electricidad de corriente continua de 12 V, la misma que podría ser transformada en electricidad de 220 V si se desea. Estos sistemas pueden abastecer las necesidades de una familia rural, pero también accionar bombas de agua, equipos de radiocomunicación o computadoras.

Es decir todo lo que requiera energía eléctrica. Sin embargo por el alto costo que tienen, su utilización está focalizada en usos que requieren pequeñas cantidades de energía, pero de manera confiable y segura. Al momento se estima en unas 30.000 unidades instaladas en diferentes aplicaciones (viviendas, escuelas, postas, bombas de agua, telecentros, etc.) en todo el país.

Bolivia tiene uno de los proyectos más grandes en la región de electrificación fotovoltaica que desarrolla el proyecto IDTR del VMEEA. Los mecanismos utilizados hasta el momento, una combinación de subsidios y micro crédito a resultado eficaz. La transferencia de la propiedad al usuario final y su responsabilidad por la sostenibilidad, cuando existen masas críticas de instalaciones, favorecen la creación de microempresas de servicios para esta tecnología.



¹¹ Es decir que existe el conocimiento, los recursos y medios locales como para que la tecnología preste los servicios para los cuales ha sido diseñada.

A excepción del módulo fotovoltaico, toda la tecnología es producida localmente, e inclusive Bolivia es un exportador neto de reguladores de cargas, lámparas eficientes de 12 VDC, convertidores de voltaje y baterías para SFV, teniendo una presencia reconocida en los países limítrofes, Centro América y últimamente en México.

Lo importante para su implementación es el disponer de mecanismos continuos y establecidos para el financiamiento de los componentes de subsidio necesarios dirigidos a los pobladores rurales. De manera mas especifica los SFV's han demostrado también su factibilidad para el bombeo de agua para consumo humano y riego; al igual que para otras aplicaciones productivas como los cercos eléctricos.



b) Microcentrales hidroeléctricas

Las microcentrales hidroeléctricas (MCH), aprovechan caudales de agua existentes y desniveles geográficos y permiten generar electricidad, con mínimos impactos ambientales y como máximo utiliza embalses de regulación diaria.

Aquí la tecnología está disponible y manejable localmente. Al momento existen más de 50 MCH's en operación que sirven aproximadamente a 6.000 familias y que tienen potencias instaladas entre 30 kW y 200 kW. La tecnología de generación micro hidráulica es manejable y reproducible localmente, desde el diseño de las

plantas (en sus componentes civil, mecánico y eléctrico), la construcción, instalación, operación y mantenimiento. Existen capacidad de fabricación de turbinas de tipo Pelton, Banki y Francis, para potencias por debajo de 1 MW, asimismo los sistemas de control electrónico y regulación de velocidad son locales. El único elemento importado es el generador eléctrico.

Sin embargo para el despegue de las MCH se hace necesario el disponer de mecanismos de pre inversión permanentes, así como un programa de inversión activo. Los proyectos de MCH actualmente tienen un periodo de duración de 4 años como mínimo entre su identificación y la concreción del financiamiento y su construcción. La razón es que no existe un mecanismo permanente de soporte para el desarrollo de estos emprendimientos.



c) Sistemas termosolares

Los sistemas termosolares, que convierten la radiación solar directamente en calor y normalmente se utiliza para el calentamiento de agua. La tecnología está disponible a través de microempresas y su construcción es completamente local.

Actualmente se instalan aproximadamente 400 unidades/año y se estima en más de 3000 unidades las instaladas y en funcionamiento. Al menos existen unas 10 microempresas en todo Bolivia, que trabajan con estas tecnologías, desde hace más de 20 años y existe un gran potencial de difusión esta tecnología, habiendo

incorporado nuevos materiales aislantes y acero inoxidable, estos equipos están dando un salto tecnológico importante. Los sistemas más utilizados son aquellos de convección natural que aprovechan el efecto termosifón.

Las dificultades para la expansión de esta tecnología se encuentran fundamentalmente en la desconfianza de la gente por la tecnología, la inexistencia de mecanismos de financiamiento que permitan romper la barrera de la inversión inicial. Las actuales línea de crédito incorporan a este equipo como un crédito de consumo y con las tasas existentes se inviabiliza la rentabilidad. Por otro lado los créditos bancarios a pesar de ofertar tasas menores, no están diseñadas para esta tecnología pues las condiciones y costos de transacción son demasiado altos para en relación al costo del equipo.



d) Secadores solares de alimentos

Los secadores solares para alimentos aprovechan el efecto invernadero se puede utilizar ampliamente en el deshidratado de diferentes productos que requieran conservación. En este caso también la tecnología es disponible a través de microempresas y su construcción es completamente local. Esta tecnología ha sido el caso de varias empresas campesinas, para quienes ha sido decisiva su empleo para lograr niveles de productividad importante.



e) Aerogeneradores de pequeña potencia

Aerogeneradores de pequeña potencia (hasta 5 kW), el equipo central de generación de electricidad es importado, pero los elementos como las torres, la instalación, operación y mantenimiento son disponibles a nivel nacional. Las instalaciones actuales tienen una potencia entre 200 W y 400 W y casi llegan al centenar. A pesar de la relativa simplicidad de la tecnología, el problema para una expansión es la falta de información sobre el potencial eólico en Bolivia así como la excesiva localidad del recurso.

Hasta el momento, las experiencias se concentran en la instalación de sistemas eólicos de forma aislada, donde, al igual que en los sistemas fotovoltaicos se utilizan baterías para almacenar la energía generada. Y en la mayoría de los casos se utilizan equipos en 12 V DC.

La energía eólica sigue siendo la menos explotada hasta el momento, tanto por falta de conocimiento del potencial real en el país, como también por falta de una oferta activa en éste sentido. Sin embargo, en esencia el rezago que tiene esta tecnología es producto de la ausencia de impulso a las aplicaciones pequeñas que podrían darse en determinadas situaciones, la condicionante de que solamente tener mediciones exactas posibilita su aplicación y, a nivel general el impulso que reciben solamente los grandes parques eólicos de varios mega watts de potencia.

f) *Tecnologías de biomasa*

Las cocinas eficientes de leña, con modelos que van desde la autoconstrucción con materiales como adobe y ladrillo, hasta la disponibilidad de cocinas metálicas con quemadores cerámicos, tienen un manejo de la tecnología y el conocimiento completamente local. Existen ya varios miles de unidades que se han implementado.

Otras opciones con potencial pero aún no desarrolladas completamente son:

- Tecnologías de aprovechamiento de la biomasa para generar electricidad ya sea a través del uso directo de desechos forestales o pellets, para alimentar gasificadores tienen un alto potencial.
- Los bioaceites que orientados a la escala local y para la atención de demandas energéticas, aisladas, dispersas, bajo la forma de producción de aceite vegetal (y no producción de biodiesel o etanol) que sirva como combustible. De antemano se descarta opciones como el biodiesel a gran escala, pues no generan un cambio sustancial en la matriz energética, sino más bien la vuelven más inestable, porque la ecuación de producción - uso de la energía, es completamente desfavorable al medio ambiente, y a la producción de alimentos.

El empleo de la biomasa para producir electricidad puede ser importante en el norte del país, donde se ha visto que existen la mayor cantidad de sistemas aislados que utilizan diesel, un combustible caro, contaminante, e importando y que exige fuertes subsidios para mantener su precio.



g) *Biodigestores*

Hace casi 20 años atrás se inició la tecnología de la biodigestión anaerobia en Bolivia. Sin embargo, por la limitación técnica de la época, los equipos se construían con materiales convencionales y un Biodigester familiar alcanzaba a un costo entre 3.000 \$US y 4000 \$US.

Actualmente, los biodigestores, con una nueva tecnología basada en el uso de plásticos, han bajado en casi 10 veces sus costos y ha iniciado un proceso de difusión que permite prever un uso amplio. Transformando los desechos orgánicos en energía (biogás) y biofertilizantes además de ser una alternativa real para el tratamiento de desechos orgánicos, los biodigestores tienen un amplio campo de aplicación en el área rural, sobre todo en familias que tienen pequeños hatos de ganado. Solo en el pasado año se han instalado casi medio millar de unidades domésticas.



6.3. Tecnologías de energías renovables para el área urbana

a) *Sistemas termosolares*

En el área urbana, de momento las alternativas que se perciben con mayor potencial son los sistemas termosolares. Actualmente el calentamiento de agua se realiza con electricidad de manera mayoritaria y con GLP o Gas Natural. Este último energético, a pesar de ser una opción económica por el sistema de precios del GN en Bolivia, lamentablemente no es aún una opción real, pues la penetración en las ciudades no alcanza al 7%. En ese sentido, la electricidad y consiguientemente, las duchas eléctricas son la opción más extendida.

Un análisis de introducción de sistemas termosolares, estima en 200.000 unidades familiares el potencial de aplicación. Actualmente se instalan cerca de 400 unidades/año y se estima en poco más de 3000 unidades en funcionamiento en el país.

Una ventaja de estos sistemas es que su repago podría realizarse en 3 a 4 años en función del uso. Adicionalmente se puede prever opciones de uso de tipo industrial para el pre-calentamiento de agua y también su aplicación en mayor escala en hoteles.

Un sistema termosolar desplazaría el consumo de electricidad de las duchas eléctricas. Una carga compleja de controlar, por la alta potencia que tiene y su uso puntual.



b) *Interconexión de energías renovables a redes de baja tensión*

La interconexión de las ER's a las redes eléctricas existentes fundamentalmente en entornos urbanos y rurales se muestra como una oportunidad importante que permitiría que pequeños generadores se conecten directamente a los sistemas de distribución. Generadores fotovoltaicos, eólicos inclusive micro centrales o pico centrales hidroeléctricas en rangos de 1 kW hasta 300 kW podrían inyectar directamente electricidad en baja tensión.

Esta opción se enmarca en el concepto de generación distribuida, como una nueva opción en la cual se pretende generar la energía en el lugar de consumo. Naturalmente que se debe construir una serie de mecanismos operativos, normativos, técnicos para avanzar en estos temas.

Los beneficios para el generador son múltiples, pues se incrementa la confiabilidad, aumenta la calidad, el uso eficiente de la energía, mientras que para el suministrador disminuyen las pérdidas de transmisión y distribución, libera capacidad del sistema, hay un mejor control de reservas y regulación, bajando los índices de fallas.

i. Generadores fotovoltaicos conectados a la red

Los sistemas fotovoltaicos, para generar electricidad inyectándola a la red son una opción tecnológica probada. Estos podrían colocarse en los techos de las viviendas urbanas sin mayor problema. Hasta el momento, ENERGETICA en Cochabamba tiene la única instalación en Bolivia que sirve de piloto y está testeando la tecnología¹².

En caso de vender la energía generada en las actuales condiciones normativas y de precios, cualquier central fotovoltaica es financieramente insostenible; sin embargo, si se eliminara el subsidio a los combustibles fósiles y se crearan los incentivos impositivos y crediticios adecuados, los capitales invertidos podrían recuperarse en un periodo entre los 10 y 20 años, situación que depende de la tarifa eléctrica del sector que se atiende. Por ejemplo: respecto a la tarifa domiciliaria el periodo se extiende a 22 años; pero respecto a la tarifa comercial el periodo se reduce a 15 años.

Es más, en las ciudades intermedias abastecidas por generadores a diesel (los actuales sistemas aislados), se podría afirmar que el periodo de repago puede reducirse sin mayores problemas a un plazo de 6 años.

Esto muestra inicialmente condiciones de partida razonables, ya que los paneles fotovoltaicos tienen garantía de 25 años y vida útil de más de cuarenta años.

En términos de rentabilidad, una instalación de ese tipo tendría 7,5% anual, quizás es un valor bajo, pero si se lo compara con las tasas pasivas del sistema bancario (0,9% en depósitos a plazo fijo y cajas de ahorro) representa una alternativa de inversión atractiva.

Nuevamente, en zonas donde funcionan sistemas aislados, como en el norte del país, podría estimarse una tasa de retorno por encima del 12%.

ii. Interconexión de Microcentrales hidroeléctricas a la red

ENERGETICA también ha estudiado la posibilidad de interconexión de MCH a redes en baja tensión. Para el caso de La Paz se ha estimado que los costos de producción de electricidad con MCH de 100 kW y factor de planta de un 60% estarían en alrededor de 57 \$US/MWh. De venderse esta energía a la tarifa del nodo de referencia para la zona, apenas se recupera el 56% del costo de producción, incurriendo en un déficit neto del 44%.

Si se calcula los costos de energía que tiene la distribuidora de la zona, se estima que a ellas, disponer de electricidad en baja tensión le cuesta aproximadamente 51 \$US/MWh (considerando el costo de la energía, potencia, la transmisión, las pérdidas y los pagos por peajes de uso de líneas de transmisión). En ese caso, la diferencia entre los costos de producción de una MCH y la posibilidad de que la distribuidora retribuya correctamente a la MCH por la energía establece una diferencia de 10% ya susceptible de negociación, pues aún se puede estimar las pérdidas por fallas, la mejor estabilidad de la red o reducción de emisiones de CO₂, etc. como beneficios que favorecerían la inyección de electricidad por parte de la MCH. Un factor más a considerar es que el precio de venta de la energía a los clientes residenciales de la distribuidora, en ese mismo punto, es de 84 \$US/MWh y, a los clientes comerciales es de 101 \$US/MWh.

De existir una normativa que permita a esta MCH inyectar su energía a la red, y que, por ejemplo, usuarios comerciales puedan comprarle directamente a la MCH, se muestra otro campo de compra-venta de energía a pequeña escala no normado en este momento.

Más aún se puede extrapolar la imagen y visualizar en un futuro que comunidades rurales, construyan e inyecten energía de MCH's en las redes de BT asegurando un flujo de ingresos tan sostenible, como el que se quiere lograr a nivel nacional con la exportación de hidroelectricidad a gran escala.

¹² Ver www.elecsolrural.org

6.4 Tecnologías de energías renovables para la interconexión en el SIN

El aprovechamiento de las ER's para la generación de electricidad en gran escala y su inyección en las líneas de alta y media tensión del SIN, es considerado por el Gobierno actual, como una medida para lograr la conversión de la matriz energética actual, en una matriz basada en energías renovables, lo que permitiría en el largo plazo dotarle de sostenibilidad al sector eléctrico del país. Este objetivo expresa que la generación de electricidad al 2015 tenga una participación del 75% de fuentes limpias.

En ese sentido se estima que las fuentes renovables paulatinamente se irán interconectando al SIN y por orden de importancia serán, la hidroeléctrica, la geotermia, la biomasa y la eólica. Aún no se contempla la interconexión de plantas solares (fotovoltaicas o térmicas) que generen electricidad para el SIN.

La expansión del parque de generación eléctrica alcanzará a unos 2000 MW aproximadamente en los próximos 10 años. De este parque se puede decir que la energía hidráulica participaría con aproximadamente 1000 MW (lo que significa la incorporación de aproximadamente 6 centrales hidroeléctricas de diferentes tamaños¹³, algunas de ellos destinadas a desplazar el consumo de diesel en el norte del país. En este análisis no se encuentran incorporados los megaproyectos hidroeléctricos, aunque de considerarse los mismos en el corto plazo, se debería incorporar también la discusión sobre los posibles impactos ambientales, alternativas, escalas y estrategias¹⁴ para lograr un desarrollo sostenible de la hidroelectricidad con mínimos impactos sociales y ambientales.

En Geotermia se espera iniciar con un proyecto de 100 MW en el campo Sol de Mañana ubicado en Laguna Colorada a 4.800 msnm, en el suroeste del país, cerca de la frontera con Chile. Desde 1991, este proyecto fue identificado y desarrollado por ENDE, se estima que el potencial geotérmico podría estar entre 280 MW y 370 MW. El proyecto ha sido actualiza-

do recientemente y se encuentra a diseño final con apoyo del Gobierno del Japón. En este caso el objetivo es atender inicialmente, la demanda de los centros mineros de la región, entre ellos la mina San Cristóbal. Una ventaja importante de la Geotermia en relación a las otras fuentes, es la entrega de potencia firme, en relación a la intermitencia de la energía solar, eólica e inclusive hidráulica.

La biomasa, también incorporada en estos planes, tendría una participación hasta del 5%, basada en la experiencia de generación con bagazo de caña¹⁵, lo que se desea ampliar considerando el potencial cañero no aprovechado. También se considera la utilización de residuos de madera y otros como residuos de castaña.

Finalmente, en la estimación presentada por el VMEEA al 2020 se presenta una participación eólica de hasta un 10%, lo que considerando el total del parque de generación, podría representar cerca de 200 MW. En concordancia con esta situación en los planes estratégicos y operativos de ENDE aparecen acciones referidas a mediciones y un proyecto piloto concreto de 1.5 MW , hasta 5 MW .

13 Centrales hidroeléctricas de Misicuni 80 MW, San Jose 127 MW, Miguillas 250 MW, Rositas 400 MW, Tahuamanu 6 MW

14 Como por ejemplo desarrollar un programa de apoyo a Micro Centrales Hidroeléctricas, tanto para alimentar sistemas aislados, como para inyectar electricidad en el SIN, generando excedentes que podrían dirigirse al mercado interno y/o la exportación.

15 Inicialmente la central de Guabira con 21 MW en funcionamiento y ahora el proyecto de la central Yane de CRE-UNAGRO con 30 MW

7

Marco legal y políticas públicas para energía renovable

7.1. La nueva Constitución Política del Estado

En la nueva Constitución Política del Estado se han establecido competencias en relación a las energías alternativas y renovables en los niveles del gobierno departamental y del gobierno municipal. Las competencias que la CPE asigna a estas instancias son “exclusivas”¹⁶ y son las siguientes:

Artículo 300. I. Son competencias exclusivas de los gobiernos departamentales autónomos, en su jurisdicción:

Inciso 16. Proyectos de fuentes alternativas y renovables de energía de alcance departamental preservando la seguridad alimentaria.

Artículo 302. I. Son competencias exclusivas de los gobiernos municipales autónomos, en su jurisdicción:

Inciso 12. Proyectos de fuentes alternativas y renovables de energía preservando la seguridad alimentaria de alcance municipal.

De acuerdo a la definición de competencia exclusiva, tanto los gobiernos departamentales como municipales no pueden legislar la uso y aprovechamiento de las energías renovables pero sí reglamentarlas y ejecutar proyectos.

Por lo tanto, la responsabilidad para la implementación de proyectos con energías renovables (diseño, ejecución y financiamiento) recae sobre las Gobernaciones Departamentales y sobre los Gobiernos Municipales. Las finalidades deberían ser dos de acuerdo al Plan Nacional de Desarrollo: a) atender las demandas de energía de la población y b) contribuir a la Soberanía Energética.

En el Artículo 304, a nivel de las autonomías indígenas, no se especifica las competencias respecto a las energías renovables, pero sí respecto a la electrificación en sistemas aislados, y establece lo siguiente:

Artículo 304. I. Las autonomías indígena originario campesinas podrán ejercer las siguientes competencias exclusivas:

Inciso 5. Electrificación en sistemas aislados dentro de su jurisdicción.

Si la electrificación en los sistemas aislados incluiría la utilización de fuentes energéticas renovables, las autonomías indígenas tendrían también competencias sobre estas fuentes energéticas, por lo que la necesidad de una normativa que asegure la calidad del servicio con estas fuentes es de alta prioridad.

Sobre la participación de actores en el sector el artículo 378 explicita qué:

Artículo 378. I. Las diferentes formas de energía y sus fuentes constituyen un recurso estratégico, su acceso es un derecho fundamental y esencial para el desarrollo integral y social del país, y se regirá por los principios de eficiencia, continuidad, adaptabilidad y preservación del medio ambiente.

II. Es facultad privativa del Estado el desarrollo de la cadena productiva energética en las etapas de generación, transporte y distribución, a través de empresas públicas, mixtas, instituciones sin fines de lucro, cooperativas, empresas privadas, y empresas comunitarias y sociales, con parti-

¹⁶ El Artículo 297 de la CPE define las competencias exclusivas como “aquellas en las que un nivel de gobierno tiene sobre una determinada materia las facultades legislativa, reglamentaria y ejecutiva, pudiendo transferir y delegar estas dos últimas.”



participación y control social. La cadena productiva energética no podrá estar sujeta exclusivamente a intereses privados ni podrá concesionarse. La participación privada será regulada por la ley.

Artículo 379. I. El Estado desarrollará y promoverá la investigación y el uso de nuevas formas de producción de energías alternativas, compatibles con la conservación del ambiente.

II. El Estado garantizará la generación de energía para el consumo interno; la exportación de los excedentes de energía debe prever las reservas necesarias para el país.

7.2. El Plan Nacional de Desarrollo

El Plan Nacional de Desarrollo (DS 29272) establece los siguientes objetivos para el sector eléctrico y que se deben lograr a través de cuatro políticas:

“Garantizar el suministro eléctrico, asegurando el acceso universal a este servicio en forma sostenible y con equidad social, con políticas de:

- 1) *Desarrollar infraestructura eléctrica para atender las necesidades internas y generar excedentes para la exportación,*
- 2) *Incrementar la cobertura del servicio eléctrico en el área urbana y rural,*
- 3) *Soberanía e independencia energética y*
- 4) *Consolidar la participación del Estado en el Desarrollo de la Industria Eléctrica”.*

En relación a la Política 2, el PND señala que los proyectos a través de los cuales se incrementará la cobertura del servicio eléctrico son la *“interconexión de sistemas aislados, la extensión de redes eléctricas, la densificación de usuarios en redes de distribución, el incremento de la capacidad de distribución eléctrica; la generación a gas natural y las energías renovables”.*



Por otro lado, para el cumplimiento de la Política 3, “Soberanía e independencia energética”, el PND señala que “Esta política tiene como estrategia desarrollar fuentes de energías renovables que garanticen la independencia energética, para lo cual se propone la implementación de programas y proyectos que permitan la independencia energética y el desarrollo e investigación en energías alternativas (hidroelectricidad, geotérmica, biodiesel, biomasa, fotovoltaicos, eólica, etc.).”

Finalmente, en la Política 4, el PND señala como logro “el desarrollo de fuentes energéticas renovables para incrementar la oferta de generación y, así, garantizar la seguridad energética”.

Las energías renovables han sido mencionadas en tres de las políticas señaladas por el Plan Nacional de Desarrollo para el sector eléctrico, principalmente asociadas a la expansión de la cobertura del servicio de electricidad y a la soberanía e independencia energética.

Por otro lado, si bien el Plan Nacional de Desarrollo señala los grandes lineamientos de política en relación a las energías renovables, la implementación de dichas políticas recae definitivamente sobre el Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas, principalmente para la utilización de estas fuentes en la generación de electricidad.

7.3. Plan de Universalización del Servicio de Electricidad 2011-2025

Los objetivos del Plan de Universalización son los siguientes:

“El área urbana deberá pasar del 90% (2010) al 97% en el 2015 y luego al 100% para el año 2020. En el área rural deberá pasar del 50% (2010) al 70% en el 2015, luego al 87% en el año 2020 y lograrse la universalización del servicio en el año 2025.”

De acuerdo a las estimaciones de crecimiento de la población y tomando en cuenta la que actualmente no tiene servicios de electricidad en el área rural, el Plan estima integrar a 547.000 hogares hasta el año 2025.

Por otro lado, el Plan ha estimado la cantidad de hogares que tendrán acceso al servicio de electricidad según la tecnología como se aprecia en el Cuadro No. 10.

Esto significa que en el área rural se integrarían al servicio de electricidad solamente 54.700 hogares, es decir solamente la tercera parte que lo estimado por el Programa Electricidad para Vivir con Dignidad. El Plan señala que esta cifra surge de la cuantificación de la población rural que vive en áreas con una densidad menor a 1 habitante por kilómetro cuadrado.

La inversión requerida para integrar los 54.700 hogares sería entre US\$ 40 millones y US\$ 65 millones hasta el año 2025.

Cuadro No. 10 Cuantificación porcentual de los hogares a ser integrados por tecnología y por área.

Tecnología	Area Urbana	Area Rural
Extensiones de redes eléctricas	0%	70%
Densificación de redes	100%	20%
Energías Alternativas (solar, hidro-electricidad, eólica, biomasa)	0%	10%

Fuente: Plan de Universalización - Bolivia con Energía. VMEEA. 2011



7.4. La Ley de Electricidad 1604

La Ley de Electricidad 1604 de 1994 (aún vigente), en el artículo 61 del capítulo de Disposiciones Finales, establece que la electrificación en poblaciones menores y áreas rurales es responsabilidad del Estado. No estipula ninguna responsabilidad al sector privado en cuanto a financiamiento u operación y mantenimiento.

En los reglamentos de la Ley de Electricidad también se establece que los sistemas aislados menores a 1MW de potencia no requieren de licencia o concesión. Al no requerir de ello, se ha deducido inmediatamente que no necesitan ser regulados ni en precios ni en calidad del servicio y menos en gestión. Prácticamente todos los sistemas aislados menores a 1 MW proveen servicios de electricidad en las poblaciones menores y en las áreas rurales. Por todo ello, aparentemente el marco normativo tolera la existencia de cooperativas que atienden el servicio eléctrico en los sistemas aislados hasta 1MW, pero sin que sobre éstas exista algún tipo de fiscalización o de control.

En todo caso la Ley de Electricidad 1604 promulgada el 21 de Diciembre de 1994, responde a un contexto político y económico diferente, donde se buscaba atraer capital privado, viabilizar el proceso de capitalización de la Empresa Nacional de Electricidad, introducir los conceptos de eficiencia del sector eléctrico a través de la competencia, todo esto con una alta preminencia de participación privada y un rol estatal minimizado.

Muchas de las instituciones relacionada con esa Ley ya no existen o han cambiado sus atribuciones y responsabilidades¹⁷.

Referente a las energías renovables, se mencionaba que solo las empresas de distribución en forma excepcional tenían derechos propietarios en instalaciones de generación de electricidad que aproveche recursos renovables, en la medida que tales instalaciones no tengan una capacidad superior al 15% de la demanda máxima en su sistema de distribución.

Todo el sistema de licencias y las concesiones aún se mantienen vigentes así como los reglamentos de calidad de servicio. De igual manera, la fijación de precios según costos marginales de generación de corto plazo, costos promedios de transmisión e inclusive la forma de cálculo de la rentabilidad de las empresas que usa como referencia el índice Dow Jones de la Bolsa de Valores de New York no han sido derogados.

En el caso de la electrificación rural, se decía que de no ser realizada por la iniciativa privada, sería responsabilidad del Estado destinando recursos a través de financiamientos del Fondo Nacional de Desarrollo Regional. Las Prefecturas (ahora inexistentes) y los Municipios de acuerdo a la Ley de Participación Popular tenían responsabilidades en proyectos específicos de electrificación rural.

¹⁷ Ya no existe la Secretaría Nacional de Energía, Superintendencia de Electricidad, ENDE ha cambiado de funciones, el sector privado ha sido relegado del sector eléctrico, no existe ya el SIRESE.

7.5. El Programa Electricidad para Vivir con Dignidad

Una de las principales aplicaciones de las energías renovables es la generación de electricidad para la atender demandas locales y que no podrían ser satisfechas mediante redes eléctricas.

A su vez, estas fuentes energéticas son una alternativa a los generadores de electricidad que funcionan con diesel ya que resuelven el problema del transporte, almacenamiento y distribución del diesel para generar electricidad en sistemas dispersos y aislados.

Como se mostró anteriormente, tanto la hidroelectricidad como la energía solar están siendo aprovechadas para atender principalmente demandas rurales.

El Programa Electricidad para Vivir con Dignidad, dependiente del Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas, ha incluido el componente de energías renovables como un medio para lograr la universalización del servicio de electricidad. Es así que el Decreto Supremo 29635 que crea dicho Programa señala lo siguiente:

“Componente Energías Renovables: Se refiere a la implementación de fuentes energéticas renovables y alternativas: Sistemas Fotovoltaicos, Micro Centrales Hidroeléctricas, Biomasa, Eólico. Se estima que por lo menos 180.000 hogares rurales deberán ser atendidos mediante estos sistemas descentralizados por la alta dispersión de los asentamientos. En la actualidad, el VMEEA está dando un fuerte impulso a este componente a través de créditos y donaciones que ha sido consolidadas y que se encuentran en ejecución.”

El Programa, para el año 2011, dispone de tres financiamientos vigentes directamente relacionados con las energías renovables y que se describen a continuación.

- El *Proyecto de Infraestructura Descentralizada para la Transformación Rural* financia-

do por el Banco Mundial, cuya meta es alcanzar a 10.000 hogares rurales beneficiados con sistemas fotovoltaicos domésticos. Desde el año 2006 al 2010, se han beneficiado 9.200 hogares en los departamentos de Potosí, Cochabamba, Oruro y Santa Cruz. El monto ejecutado alcanza a US\$ 6,5. Dicho Proyecto finalizará en mayo de 2011.

- *El Programa de Energías Renovables*, financiado por el Banco de Desarrollo de Alemania y que alcanza a US\$ 5,2 millones de financiamiento. Este programa está exclusivamente dirigido a utilizar la hidroelectricidad para atender demandas de la población rural aislada.
- *El Programa Euro Solar*, financiado por la Unión Europea por un monto de US\$ 4,5 millones. El Programa está orientado a aprovechar la energía solar y eólica (sistemas híbridos) para alimentar centros comunales que ofrecen servicios de Internet, cargado de baterías, potabilización del agua, refrigeración para vacunas y otros servicios en 59 comunidades rurales. Hasta fines del 2010 se habrían beneficiado 5.200 hogares rurales.



7.6. Normas técnicas

Existen tres normas técnicas relacionadas con las energías renovables que se describen a continuación.

NB 795: Ensayos en condiciones reales para la caracterización de módulos fotovoltaicos (módulos de silicio policristalino y monocristalino, módulos de potencia de 20 W a 200 W).

Esta Norma fue aprobada en 1997 y establece la metodología para determinar los valores de corriente de cortocircuito (I_{cc}), tensión de circuito abierto (V_{co}), potencia en el punto de máxima potencia (P_p) de un módulo fotovoltaico de tecnología monocristalina y policristalina. Además contiene la metodología para realizar ensayos bajo condiciones reales y no así para ensayos en simuladores.

NB 948: Ensayos para la medición de la capacidad y eficiencia de almacenamiento en acumuladores eléctricos plomo-ácido para usos fotovoltaicos

Esta norma fue aprobada en 1998 y establece la metodología para determinar la capacidad y eficiencia de almacenamiento en acumuladores eléctricos plomo-ácido para usos en sistemas fotovoltaicos. También se aplica a acumuladores plomo-ácido con electrolito en estado gel.

NB 1056: Instalación de sistemas fotovoltaicos hasta 300 Wp de potencia – Requisitos

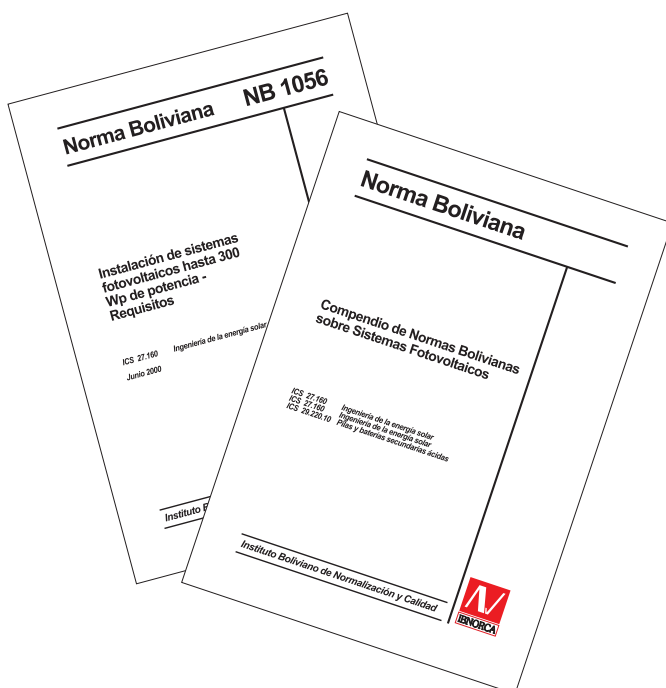
Esta norma, que es la más importante del grupo de normas fotovoltaicas, fue aprobada el año 2000 y ha sufrido varias actualizaciones. Se la aplica en las siguientes situaciones:

- Instalaciones fotovoltaicas aisladas (no conectadas a la red pública), cuya potencia no sobrepase los 300 Wp. En particular: sistemas fotovoltaicos domiciliarios, sistemas fotovoltaicos para escuelas, sistemas fotovoltaicos para postas sanitarias. Sistemas fotovoltaicos con módulos de silicio, con tecnología de fabricación policristalina y monocristalina. Sistemas fotovoltaicos con reguladores de carga cuyo funcionamiento está basado en la lectura del voltaje de la batería. Sistemas fotovoltaicos con baterías estacionarias de plomo-ácido, de tipo tubular, de tipo ciclo profundo y libres de mantenimiento.

Ha sido una de las únicas normas que fue puesta en práctica, ya que el año 2004 con el apoyo del proyecto de electrificación rural con energías renovables financiado por el PNUD/GEF (el mismo proyecto que financió la elaboración de la Norma el año 2000) se certificaron los primeros 726 sistemas fotovoltaicos instalados en los departamentos de Tarija y La Paz.

Esta norma requerirá aún una actualización debido a que la tecnología fotovoltaica y de los componentes como reguladores, baterías, luminarias ha evolucionado muy rápidamente. Se pueden encontrar luminarias tipo LED que pueden ahorrar sustancialmente la utilización de la energía disponible en los sistemas fotovoltaicos.

Recientemente se ha elaborado una norma destinada a la construcción de cocinas mejoradas de leña, su operación y mantenimiento, que establece los parámetros básicos para la construcción de cocinas mejoradas y que utilizan biomasa (leña, estiércol) para generar el calor necesario para cocinar (NB 83001).



8

Marco institucional para las energías renovables

8.1. Evaluación del rol de las instituciones públicas

a) *Ministerio de Hidrocarburos y Energía*

En el Decreto Supremo N° 29894, que determina la Estructura organizativa del Poder Ejecutivo del Estado Plurinacional y promulgado el 7 de febrero de 2009, establece las atribuciones del Ministerio de Hidrocarburos y Energía y del Viceministro de Electricidad y Energías Alternativas. Los Artículos 58 y 62 señalan lo siguiente.

Artículo 58.- (Atribuciones de la Ministra(o) de Hidrocarburos y Energía). Las atribuciones de la Ministra(o) de Hidrocarburos y Energía, en el marco de las competencias asignadas al nivel central por la Constitución Política del Estado, son las siguientes:

s) Formular políticas para implementar el desarrollo y la promoción en la investigación y uso de nuevas formas de producción de energías alternativas, respetando el medio ambiente.



b) *Vice Ministerio de Electricidad y Energías Alternativas*

Artículo 62.- (Atribuciones del Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas). Las atribuciones del Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas, en el marco de las competencias asignadas al nivel central por la Constitución Política del Estado, son las siguientes:

h) Proponer políticas para el desarrollo de tecnologías de energías alternativas, eólica, fotovoltaica y otras en coordinación con las universidades públicas del país.

Por una parte, la responsabilidad para que las energías renovables sean integradas en la matriz energética recae enteramente sobre el Poder Ejecutivo y de manera directa en la cabeza del sector energético y que corresponde al Ministerio de Hidrocarburos y Energía, a través del Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas.

El VMEEA ha lanzado recientemente el documento de políticas en energías alternativas que muestra la visión que se tiene del sector. Se menciona que el siguiente paso es la formulación de una ley específica en energías alternativa.



c) Vice Ministerio de Desarrollo Energético

El Viceministerio de Desarrollo Energético, está encargado de los aspectos de planificación energética de mediano y largo plazo. Son los encargados de elaborar el Balance Energético Nacional y están desarrollando acciones relacionadas con la eficiencia energética, las energías renovables y la planificación prospectiva, así como desarrollar estudios sobre usos finales de energía a efecto de disponer de un balance de energía útil.

d) Vice Ministerio de Ciencias y Tecnología

Esta trabajando en el tema de energías renovables a través del Sistema Boliviano de Innovación, buscando un encuentro entre los ofertantes y demandantes de conocimiento, para lo cual se tiene una estrategia que promueve la creación de sinergias entre el VMCYT y las diferentes dependencias del Ministerio de Educación, así como la generación de alianzas con instituciones públicas y privadas. Se plantea establecer un centro virtual sobre investigación, innovación y transferencia tecnológica en energías renovables, que enlace a los actores activos y organizados, liderados por la cabeza de sector; el funcionamiento de la Red Boliviana de Energías Renovables del Sistema Boliviano de Innovación (destinada a la Investigación, Innovación y Transferencia Tecnológica), la promoción de la investigación a través de proyectos concursables, así como la difusión de resultados a través de eventos y revistas especializadas.

**e) La Autoridad de Fiscalización de Electricidad**

El Decreto Supremo No. 0071 del 9 de Abril de 2009, crea la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Electricidad (AE) para fiscalizar, controlar, supervisar, y regular al sector de electricidad en el marco de la Constitución Política del Estado y la Ley de Electricidad No. 1604 del 21 de diciembre de 1994.

Las atribuciones de la AE (entre otras) incluyen el otorgar, modificar y renovar autorizaciones o derechos otorgado para la prestación o la realización de actividades en el sector de electricidad; regular, controlar, supervisar, fiscalizar y vigilar la prestación de los servicios de las entidades y operadores; fijar, aprobar y publicar precios, tarifas, derechos u otros de acuerdo a la normativa vigente; intervenir las empresas y entidades bajo su jurisdicción y designar a los interventores, cuando concurren causales que pongan en riesgo la continuidad y normal suministro del servicio de electricidad; promover la eficiencia en las actividades del sector eléctrico e investigar y sancionar posibles conductas monopólicas, oligopólicas, anticompetitivas y discriminatorias en las empresas y entidades del sector, contrarias al interés público; imponer las servidumbres administrativas necesarias para la prestación de los servicios de electricidad, proponer normas de carácter técnico y dictaminar sobre normativa relativa a su sector; requerir a las personas naturales o jurídicas y otros entes relacionados al sector de electricidad, información, datos y otros que considere necesarios para el cumplimiento de sus funciones y publicar estadísticas sobre las actividades del sector.



f) El Comité Nacional de Despacho de Carga

El Comité Nacional de Despacho de Carga (CNDC) es la entidad responsable de la operación del Sistema Eléctrico Interconectado (SIN), de la Administración del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) de Bolivia y de la Planificación de la Expansión Óptima del SIN siguiendo las directrices del Ministerio de Hidrocarburos y Energía. Fue creado por la Ley N° 1604 sus actividades, antes supervisadas por la Superintendencia de Electricidad, cambiaron en Abril de 2009, cuando se creó la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Electricidad.

El CNDC es responsable de coordinar la operación de la Generación, Transmisión y Expansión Óptima del Sistema Interconectado Nacional, de realizar el Despacho de Carga a costo mínimo y de la Administración del Mercado Eléctrico Mayorista de acuerdo con los lineamientos del Ministerio de Hidrocarburos y Energía.

Sus principales actividades son las siguientes:

- Participar en la planificación de la expansión óptima del SIN
- Planificar la operación integrada del Sistema Interconectado Nacional, con el objetivo de satisfacer la demanda mediante una operación segura, confiable y de costo mínimo
- Supervisar y coordinar, en tiempo real, la operación de las instalaciones de generación y transmisión del Sistema Interconectado Nacional, priorizando la seguridad del suministro
- Realizar el Despacho de Carga a costo mínimo
- Calcular los precios de Nodo
- Establecer el balance valorado del movimiento de electricidad que resulte de la operación integrada
- Administrar el funcionamiento del Mercado Eléctrico Mayorista

g) ENDE

La Empresa Nacional de Electricidad - ENDE ha sido relanzada en el sector eléctrico de Bolivia, en el marco del Decreto de Refundación D.S. 29644 que en resumen indica lo siguiente:

- Posiciona a ENDE como una empresa pública nacional estratégica y corporativa, con una estructura central y nuevas empresas de su propiedad, proporcionándole autonomía de gestión técnica, administrativa, financiera y legal para el cumplimiento de sus objetivos.
- Habilita a la empresa, para operar y administrar empresas eléctricas de generación, transmisión y/o distribución, en forma directa, asociada con terceros o con participación accionaria.
- Constituye la empresa pública “*ENDE Sistemas Aislados*”, subsidiaria de ENDE, con patrimonio propio, autonomía de gestión técnica, administrativa, financiera y legal (con base en los activos de Trinidad y Cobija).

Se instruye la creación de la empresa “*ENDE Generación*”, sobre la base de los activos y recursos propios y provenientes de financiamientos el Proyecto de Laguna Colorada, proyectos hidroeléctricos y otros, así como de su participación accionaria en la empresa ENDE ANDINA S.A.M. La Empresa ENDE Generación podrá asimilar otras empresas de generación eléctrica de distinta naturaleza.





- Se instruye la creación de la empresa “*ENDE Transmisión*”, sobre la base de los activos y pasivos asociados al Proyecto Línea de Transmisión Eléctrica Caranavi-Trinidad, del Proyecto Interconexión de Tarija al Sistema Interconectado Nacional - SIN. La empresa ENDE Transmisión operará estas líneas de alta tensión, podrá asimilar cualquier otra línea eléctrica o empresa de transmisión
- Se instruye la creación de la empresa “*ENDE Distribución*”, sobre la base de su participación accionaria en la Empresa de Distribución Eléctrica Larecaja S.A.M. - EDEL S.A.M., en Servicios Eléctricos Potosí S.A. - SEPSA y en la Compañía Eléctrica Sucre S.A. - CESSA, podrá participar en la ejecución de programas y /o proyectos.

Al momento y luego de la nacionalización de las generadoras, ENDE se constituye en la empresa eléctrica más grande del país, con integración vertical y, prácticamente destinada a tener preminencia única en el sector, en el marco de la nueva Constitución Política del Estado.

h) Gobernaciones

A nivel general, las gobernaciones tienen competencias para el desarrollo de las energías renovables. En todas ellas en mayor o menor medida existe interés por desarrollar estos proyectos. En algunos casos tienen ya acciones identificadas y en marcha en otros, buena predisposición solamente. En ese sentido las gobernaciones son un espacio subregional muy importante. Se ha realizado contacto con las gobernaciones de La Paz, Oruro¹⁸, Potosí, Cochabamba, Santa Cruz¹⁹, Tarija²⁰.

¹⁸ Oruro quiere marcar precedente en tener el primer parque fotovoltaico conectado a la red, se quiere instalar 1 MW. Asimismo se tienen algunos recursos para realizar estudios en energía eólica. También tiene interés en iniciar un proyecto de electrificación rural con pSHS.

¹⁹ Santa Cruz quiere desarrollar un proyecto de telecentros con energías renovables, similar al proyecto EUROSOLAR del Gobierno, estarían dispuestos a presupuestar hasta 1 MMSUS, pero requieren de apoyo para el diseño del proyecto.

²⁰ Tarija tiene intención de desarrollar un parque eólico de 100 MW con financiamiento de la China. También han identificado varias MCH's con potencias de hasta 2 MW para desarrollarlas. La sub-gobernación de Villamontes tiene demandas apremiantes de bombeo de agua de gran profundidad en el Chaco. Tienen recursos de inversión, pero no así de pre-inversión.

8.2. Evaluación del sector empresarial

a) **ABER**

Recientemente conformada la Asociación Boliviana de Energías Renovables, agrupa a doce empresas privadas del sector que trabajan con estas energías, donde se encuentran las empresas más activas en el campo de la energía fotovoltaica, termosolar, cocinas eficientes de leña y eólicas que promueven tecnología de energía renovable a pequeña escala (www.aber.org.bo)²¹.

b) **IBNORCA**

El Instituto Boliviano de Normas y Calidad ha trabajado en la elaboración de diferentes normas dirigidas a las energías renovables como: NB 795: Ensayos en condiciones reales para la caracterización de módulos fotovoltaicos (módulos de silicio policristalino y monocristalino, módulos de potencia de 20 W a 200 W); NB 948: Ensayos para la medición de la capacidad y eficiencia de almacenamiento en acumuladores eléctricos plomo-ácido para usos fotovoltaicos; NB 1056: Instalación de sistemas fotovoltaicos hasta 300 Wp de potencia; esta norma, quizás la más importante del grupo de normas fotovoltaicas, ha sido una de las pocas normas que fue puesta en práctica de manera extensiva, y en los proyectos más grandes del gobierno se la incorpora como requisito de cumplimiento obligatorio. Actualmente se encuentra en elaboración una norma destinada a la construcción de cocinas mejoradas de leña, su operación y mantenimiento. Finalmente se ha aprobado recientemente un juego de normas sobre sistemas termosolares de placa plana y etiquetado de eficiencia, las mismas que prevén ser un estándar para la difusión de esta tecnología.

c) **Corani S.A.**

La empresa generadora Corani S.A. que tiene proyectado al nivel más avanzado, la instalación del primer parque eólico de Bolivia. Corani S.A. ha realizado mediciones propias, y efectuado el diseño del parque inicialmente de un

tamaño de 3 MW, pero actualmente se discute la posibilidad de ampliación hasta 10 MW, para lo cual se tienen asegurados inclusive los terrenos del posible parque. Se estarían preparando los pliegos de licitación para la primera fase del parque eólico, proceso que debería iniciarse en el mes de Abril de 2012.

d) **Bioeléctrica del Norte**

Es un emprendimiento desprendido de la empresa Tahuamanu, con sede en Cobija – Pando que tiene como proyecto generar electricidad a partir de la cascara de castaña utilizando la tecnología de la gasificación. Sería la primera empresa en Bolivia en utilizar este método de generación. Este proyecto es interesante porque se trataría de un caso de generación distribuida, pues la idea es inyectar la electricidad en la red de Cobija y al no existir normativa, pone en agenda la discusión sobre como avanzar, adicionalmente en Cobija toda la generación se hace con diesel un combustible altamente subsidiado y contaminante. Con una potencia de 800 kW este proyecto utiliza tecnología hindu y para su implementación tiene un donación parcial de parte de Holanda, es interesante el seguimiento que se pueda hacer a la tecnología y su desempeño, como también la posibilidad de expansión en el norte del país, desplazando el consumo de diesel.



Asociación Boliviana de Energías Renovables
energía limpia por siempre



²¹ Las empresas que conforman ABER son SIE S.A., SICOSOL, ECOSOL, ENERSOL, Casa Solar, APLITEC, TEC, Phocos, BATEBOL, ENERGETICA, CEDESOL, Dr. Eólico.

8.3. Instituciones financieras

En el campo del financiamiento y microcrédito existen muchas instituciones que han desarrollado experiencias de micro crédito sobre todo para sistemas fotovoltaicos. La iniciativa que catalizó esta experiencia fue el proyecto GEF del PNUD, que gracias al apoyo del FONDESIF²², involucró a una serie de financieras como ANED, FADES, SARTAWI, Cooperativa San Francisco Solano, etc. que aplicaron técnicas crediticias con éxito.

En el campo termosolar, recientemente algunas financieras como Habitat para la Humanidad Bolivia han incursionado en el tema,

FUNDAPRO, una financiera de segundo piso actualmente administra un fondo para emprendimiento de energías limpias y eficiencia energética, el mismo que ha sido utilizado por entidades de microfinanzas en el pasado.

Entidades bancarias formales como el Banco Los Andes han lanzado fondos “verdes” destinados a financiar acciones en energías renovables y en eficiencia energética, donde ofrecen créditos con una tasa 2 puntos menor las nominales en función del sector al que se dirija, esto puede significar una tasa final entre 8% y 10% anual. Finalmente otros Bancos como el BDP a través del Banco Unión, también han promocionado fondos para energía limpia con tasas de alrededor del 6% anual.



8.4. Evaluación de organizaciones no gubernamentales

a) WWF

World Wildlife Fund en Bolivia en el marco de su programa Amazonia, ha participado en promover la discusión sobre el sector energético en la gestión 2010. Sin embargo, actualmente no tiene proyectos en el área (<http://bolivia.panda.org>)

b) CEDLA - Plataforma Energética

Con base en La Paz, la Plataforma Energética cumple un papel activo en la difusión de noticias, estudios e investigaciones propias y de terceros que se realizan para el área energética, pretendiendo establecerse como una plataforma de discusión y debate. En el área de energías renovables cubre la realización de eventos y otros temas. Sin embargo se puede ver que las acciones en energías renovables son pequeña en relación a los sectores convencionales como los hidrocarburos y el eléctrico (www.plataformae-energetica.org)

c) CINER

El Centro de Información en Energías Renovables con base en Cochabamba, tiene como actividad principal la publicación de la revista E&D (Energía y Desarrollo) que se publica cerca de 20 años consecutivos. Ofrece servicios de consultoría y ha ejecutado algunos proyectos de tipo demostrativo y realizado publicaciones diversas sobre el tema. Un área de alta experiencia de CINER es su trabajo en temas de monitoreo y evaluación y también la realización y moderación de talleres (www.ciner.org)

e) ENERGETICA

Con base en Cochabamba, es una organización con experiencia en temas de energías renovables y eficiencia energética. Ha desarrollado programas masivos de electrificación rural y, tiene varias acciones innovadoras registradas en temas de gestión de proyectos, desarrollo de mecanismos de financiamiento y la relación entre energía - desarrollo - pobreza y cambio climático (www.energetica.org.bo).

²² Es necesario anotar que el Fondo de Desarrollo del Sistema Financiero (FONDESIF) en su calidad de Banco de Segundo Piso, creó un programa de apoyo a las microfinancieras que otorgan créditos que fomenten y faciliten la electrificación rural.

8.5. Evaluación de organizaciones de cooperación internacional

a) *Banco Mundial*

Es uno de los principales financiadores de la electrificación rural fotovoltaica a través del proyecto IDTR que cerró el pasado año y ahora, a través del proyecto GPOBA que ejecuta el VMEEA. Con el proyecto IDTR se logró la instalación de cerca de 10.000 sistemas fotovoltaicos domésticos, mientras que con el GPOBA se pretende la instalación de 7.000 sistemas fotovoltaicos domésticos entre el 2012 y 2013. La inversión estimada se encuentra en aproximadamente 4 MM\$US.

b) *BID*

El proyecto de electrificación rural que financia el BID al gobierno de Bolivia a través de un crédito de 60 MM\$US, se prevé la ejecución de proyectos de electrificación rural por medio de la expansión y densificación de las redes eléctricas y, en menor medida, por medio de la aplicación de energías renovables.

Estos fondos serán ejecutados a través del VMEEA y las Gobernaciones y el BID está buscando iniciativas novedosas. Hasta la fecha no se conoce que existan definiciones de intervenciones exactas.

c) *CAF*

La Corporación Andina de Fomento dispone de una línea de apoyo y financiamiento relacionado con acciones de desarrollo sostenible. Por ejemplo han financiado recientemente un proyecto de introducción de la ISO 14064 junto a IBNORCA que promueve la medición de la Huella de Carbono y su aplicación piloto en varias industrias e instituciones, en el marco de asistencia técnica.



Banco Mundial



Banco Interamericano de Desarrollo



d) *UE*

La Unión Europea, en el pasado ha financiado intervenciones en energías renovables sobre todo a través de proyectos que se ejecutan por ONG's. Al presente solamente se encuentra financiando el proyecto EUROSOLAR, el mismo que impulsa la instalación de 59 telecentros abastecidos con sistemas híbridos solar – eólicos, instalados en áreas remotas del país. Los telecentros ya están instalados y algunos de ellos ya prestan servicios.

e) *PNUD*

En el pasado el PNUD - GEF ha sido un actor importante en el campo de energías renovables, al impulsar la ejecución de proyectos a través del VMEEA en el marco del programa GEF, logrando desarrollar algunos modelos exitosos de electrificación²³. Actualmente la agencia que soporta con asistencia técnica algunas iniciativas en usos productivos de energía, sistemas termosolares y otras iniciativas en renovables es ONUDI.

f) *ONUDI*

Un proyecto vigente en este momento, es una iniciativa de Naciones Unidas con soporte local de ONUDI que explora los temas de energías renovables y cambio climático, en una perspectiva de levantamiento de información sobre la experiencia boliviana en este campo para su presentación en la cumbre de Rio+20. ONUDI también ha desarrollado acciones en la promoción de los usos productivos de energía²⁴ y actualmente se encuentra impulsando la participación de Bolivia en el Observatorio de Energías Renovables con base en Uruguay, para la región de Sudamérica.

23 El PNUD-GEF, rescato la experiencia de financiamiento de sistemas fotovoltaicos a través de un mix de subsidio y microcrédito, incorporando a este proceso actores estatales como el FONDESIF y promoviendo la participación de entidades de microfinanzas y operadores técnicos con un éxito notable. Más de 3000 instalaciones se realizaron bajo ese modelo, que sirvió de base para la expansión a gran escala con el proyecto IDTR del VMEEA y el Banco Mundial.

24 ONUDI impulso la adopción de esquiladoras eléctricas que funcionan con sistemas fotovoltaicos en la región de los Lipez en Potosí. También a través del proyecto Semilla, promocionó el uso productivo de la energía en proyectos liderados por mujeres.

g) GIZ

La agencia de cooperación técnica alemana, ha ejecutado el proyecto ENDEV que en el caso de energías renovables ha apoyado la instalación de sistemas termosolares y fotovoltaicos en escuelas y postas sanitarias, la introducción de varios miles de cocinas de leña mejoradas y la introducción de deshidratadores solares para el secado de alimentos. Asimismo ha desarrollado un estudio de mercado para la introducción de pico PV's como tecnología de electrificación de bajo costo y ha ejecutado algunos proyectos piloto en este campo. El proyecto ENDEV se cierra en el primer semestre de 2012.

h) DANIDA

La agencia de cooperación danesa, apoya al VMEEA a través de la elaboración de una Estrategia de Energías Renovables para Bolivia, la misma que ya fue desarrollada en una primera fase de diagnóstico y, ahora se encuentra en ejecución en su segunda fase. Posteriormente a esa actividad, se conoce que la cooperación danesa se retirara de Bolivia.

i) Finlandia

Se ha lanzado el proyecto Alianza en Energía y Ambiente en la Región Andina, el cual consiste básicamente en un fondo administrado por IICA- Peru, para el financiamiento de proyectos en energías renovables y eficiencia energética. Esta alianza recién se encuentra operable y ha lanzado un primer concurso de proyectos, poco difundido en Bolivia, el cual ha cerrado ya.

j) JICA

La cooperación Japonesa se encuentra básicamente apoyando el proyecto de Geotermia de Laguna Colorada, el cual pretende instalar una generadora de aproximadamente 100 MW con esa fuente de energía. La forma operativa es un acuerdo de cooperación y financiamiento a través de ENDE. En el área fotovoltaica, JICA hace más de 10 años atrás ensayo un modelo tarifario para la instalación de sistemas fotovoltaicos domésticos en el Altiplano. El proyecto no tuvo éxito, aunque dejó varias lecciones aprendidas. Finalmente, hace 2 años atrás anunciaron que instalarían un sistema fotovoltaico de 100 kW conectado a la red eléctrica en la ciudad de La Paz, sin embargo hasta la fecha no se conoce si hay avances al respecto.

k) ADA

La Agencia Austriaca de Desarrollo, ha desarrollado un primer proyecto en Bolivia, apoyando la promoción de sistemas termosolares para calentamiento de agua para uso doméstico. En este campo ha trabajado en conjunto con la empresa eólica de Austria WindkraftSimonsfeld A.G. en el mejoramiento de la tecnología termosolar en microempresas, capacitación de personal técnico, desarrollo de sistemas de microcrédito.

Austrian

Development Agency

*The Operational Unit of the
Austrian Development Cooperation*



Japan International Cooperation Agency



9

Propuestas: Integrando la visión de cambio climático y la energía renovable en las políticas públicas bolivianas

A través del análisis realizado se propone una serie de conclusiones y sugerencias de política pública, con el fin de contribuir a que el conocimiento sobre el cambio climático, las energías renovables y sus impactos pueda integrarse cada día más efectivamente en las políticas públicas del país, y en la gestión administrativa de todas sus instituciones.

9.1. Sobre la política pública en cambio climático

La rápida revisión de la política nacional e internacional en cambio climático desarrollada por los diferentes gobiernos bolivianos y, sus expresiones institucionales asumidas a partir de ese marco de referencia, permiten observar una transición, especialmente en el plano internacional, donde, de una actitud sumamente pasiva se ha pasado a una participación activa y propositiva. Sin embargo, a diferencia del pasado, donde había una instancia centrada en la comprensión del cambio climático y el diseño de estrategias que permitan la rápida aplicación de los mecanismos y recomendaciones internacionales, hoy, si bien hay lineamientos políticos más sólidos que en ese entonces, hay una gestión circunscrita a la atención descentralizada de desastres naturales; se siente la reducción sensible del número de estudios que aporten a la comprensión de la especificidad boliviana, y la ausencia de estrategias de adaptación y mitigación. Institucionalmente lo anterior se ha expresado en la eliminación de los objetivos, reducción del alcance y el achicamiento de la oficina del Programa Nacional de Cambio Climático (PNCC).

Una forma de potenciar todas las fortalezas de la activa participación que ha asumido el Go-

bierno en esta materia, deben concretarse en un cuerpo legislativo, en un conjunto de leyes, pero, específicamente, en una ley sobre cambio climático. De esta manera podría garantizarse la construcción y la continuidad de una política estatal al respecto.

Institucionalmente, una oficina como el PNCC debería reconstituirse y al amparo de las nuevas políticas nacionales en la materia, para que, además de las tareas operativas que realizaba antes, pueda convertirse en una oficina que genere pensamiento estratégico sobre la materia y articule la función de las otras instancias estatales en pro de la mitigación y la adaptación al cambio climático.

Considerando los cambios socioeconómicos y políticos que atraviesa el país, el rol de la planificación, en el sentido estratégico de la palabra, es cada día más sustancial; por ello un asunto tan relevante como la especificidad del cambio climático en Bolivia, no sólo necesita una instancia directamente a cargo de ello, sino también un mecanismo, una instancia, que facilite la participación social para la definición de políticas y el diseño de acciones de contención del cambio climático y adaptación a sus efectos.

Adicionalmente como correlato, la introducción y promoción del uso de energías limpias y de la eficiencia energética debería incorporarse de manera explícita en todo el cuerpo de leyes existentes en el país, aunque de manera paulatina. En ese contexto quizás la oportunidad más inmediata es la de introducir estos temas en la nueva Ley de Electricidad que se encuentra en proceso de redacción de acuerdo a declaraciones oficiales.

9.2. Sobre los recursos hídricos y el cambio climático

Las principales afectaciones del cambio climático en el país se presentarán en forma de eventos adversos relacionados con el ciclo hídrico. En este sentido, si bien las autoridades gubernamentales, los gobernadores y los municipios han ido asumiendo medidas para responder a los desastres, resta todavía mejorar las capacidades de respuesta de dichas instituciones mismas y de la sociedad civil en general.

Si bien el Estado boliviano actualmente tiene más recursos para hacer frente a los eventos adversos, es necesario constituir un mecanismo que haga que esos recursos dejen de ser circunstanciales y tengan fuentes seguras de financiamiento.

Es necesario explorar la relación agua y energía, a fin de crear conceptos, ideas de proyecto, aplicaciones tecnológicas, etc., que faciliten la adaptación al cambio climático. Entre estas posibilidades está la de ejecutar proyectos y programas de bombeo de agua que permitan aprovechar las napas freáticas del subsuelo, en zonas donde ha disminuido dramáticamente las fuentes superficiales de agua. Otra forma de aprovechamiento es el uso intensivo de agua para generar energía, donde no sólo habrá que pensar en grandes centrales hidroeléctricas sino también y quizás de manera mucho más focalizada, en el desarrollo de microcentrales hidroeléctricas, las mismas que pueden ser desarrolladas localmente, generar empleo y también aportar al sistema nacional interconectado con la inyección de energía eléctrica, además de constituir una posible fuente de ingresos para las comunidades y municipios que desarrollarían estos emprendimientos.

9.3. Sobre el sector energético y la emisión de GEI

Desde la perspectiva energética y con base en el estudio precedente puede afirmarse que en el país existe las condiciones geológicas necesarias para la realización de exploración petrolera con suficiente éxito; en este sentido, las políticas gubernamentales para promover esta actividad ya están en marcha. Paralelamente, la producción de hidrocarburos va en constante aumento, debido a los compromisos de exportación. Esto significa que Bolivia irá aumentando su producción de emisores de GEI, producción para la cual, no se avizora una tendencia decreciente, por lo menos hasta el año 2019.

Del estudio, también se concluye que la actual política gubernamental está tomando todas las medidas necesarias para aumentar el consumo de energéticos fósiles al interior del país, aumento que mantiene una tendencia creciente muy pronunciada. Esta situación conllevará a un incremento de las emisiones de GEI atribuibles al sector energético boliviano.

Privilegiar el uso de la hidroenergía, debería ir acompañada también de una política de reducción de emisiones de GEI y de protección del medio ambiente, pues, una vez asumidas ciertas previsiones y cuidados, la generación hidroeléctrica es menos dañina que la generación termoeléctrica.

De la misma manera, se debería generar un mecanismo innovador que permita captar recursos por el uso de energía limpia. En muchos de los proyectos de electricidad y de uso de gas natural desplazando al diesel, así como en el empleo de las energías renovables de manera masiva, se está procediendo a una reducción de emisiones de CO². Urge que se defina una estrategia de negociación para monetizar estas emisiones reducidas, que se generen mecanismos propios de cuantificación de emisiones en un contexto soberano y que, finalmente se innove en mecanismos de transacciones o intercambio de emisiones, en un contexto más local y equitativo como podría ser UNASUR u otro.

9.4. Sobre el financiamiento de energías renovables y eficiencia energética

Es importante reconocer que los ingresos nacionales por hidrocarburos son sustanciales para la economía boliviana. Sin embargo también es necesario proponer la reflexión y discusión, respecto a la necesidad y la utilidad de invertir parte de esos recursos en la creación de un fondo para el desarrollo de energías renovables y la ejecución de proyectos basados en tecnologías que las utilicen, así como en acciones de eficiencia energética. Esta propuesta tiene asidero en tres motivos: el primero es que de esta manera, al menos, una parte de los ingresos estarían compensando el volumen de GEI que han tenido que ser emitidos para obtener dichos recursos; el segundo, es que la energía fósil, por medio de una acertada utilización de los ingresos que genera, estaría transformándose en energía renovable; el tercero, es que la energía contaminante de hoy estaría siendo utilizada para proveer energía sostenible en el futuro.

Un mecanismo de estable para el financiamiento de proyectos de energía renovables y de eficiencia energética, de manera continua y estable, podría generarse también con aportes pequeños en las tarifas de electricidad u otros (por ejemplo, en el Brasil y otros países, con pequeños aportes en las tarifas eléctricas, se van recaudando montos importantes que se consolidan en un fondo para electrificación con energías renovables).

También es posible plantear que parte de la renta del Gas Natural se invierta en Energías Renovables, o que se cree un fondo para energías sostenible. Mientras se desarrolla un mecanismo nacional, una reorientación parcial del uso de la renta del GN podría darse más fácilmente a nivel regional y municipal. Pensar entonces que, en el marco de las autonomías, Municipios y Gobernaciones destinen un parte de los recursos del IDH para financiar ER's, podría ser una salida, mientras se instituye un gran fondo para el financiamiento de las ER's a nivel nacional.

9.5. Sobre la introducción y utilización de energías renovables

Uno de los vacíos tecnológicos más importantes actualmente, constituye la falta de desarrollo de tecnologías de uso de biomasa. Existen demandas para la utilización de la biomasa en aplicaciones de potencia para generación de calor o electricidad; existe un vacío de conocimiento y experiencias en temas de gasificación. Por otro lado se verifica que coinciden favorablemente las áreas de mayor potencial forestal, con aquellas regiones donde la generación eléctrica tiene base en el diesel; es la misma situación con el conocimiento y producción de aceites vegetales a pequeña escala para usos comunales. Iniciativas en este campo, podrían permitir encarar a mediano plazo, un plan de sustitución de diesel por biomasa en un contexto de sostenibilidad y optimización de los recursos que tenemos, por tanto el trabajar en ésta línea se puede considerar estratégica en el corto plazo.

El estudio también sugiere estructurar un programa de acceso a energía rural sostenido. No solo proyectos aislados. Se puede mencionar qué, bajo un concepto de equidad se identifica al menos un desbalance: los pobladores rurales que tienen un mayor grado de pobreza y menos condiciones de desarrollo tienen acceso a una energía, que es más cara que la disponible en las ciudades.

Actualmente, las cerca de 600.000 familias que no tiene acceso a la electricidad, están inmersas en un mercado de casi 120 millones de dólares que se gasta anualmente en compra de pilas, velas, mecheros, diesel GLP y leña.

El uso de la energía renovable en aplicaciones domésticas, sociales y productivas, podría tener un impacto importante en la satisfacción de demandas energéticas postergadas de aproximadamente 300.000 familias en el área rural, sustituyendo todos los energéticos tradicionales anteriormente citados.

La introducción de las energías renovables al sector energético boliviano y su aplicación, especialmente en el área rural, no puede hacerse supeditada a la negociación tortuosa y continua de recursos. Por ello es necesario crear un fondo de energías renovables, que defina esquemas y modelos de financiamiento y subsidio adecuados a cada realidad donde se requiera la aplicación de energías alternativas.

Es necesario cambiar el enfoque de suministro energético clásico y tradicional, por otros que tomen en cuenta los usos finales de la energía en las diversas realidades bolivianas, las diferentes capacidades económicas de los hogares, el rol y beneficio que les reporta contar con una fuente energética, etc.

9.6. Sobre la sostenibilidad de las energías renovables en el área rural

Al desafío de introducir energía eléctrica al área rural, sea con red o con tecnologías de energías renovables, se añade el de hacer sostenible su utilización en el tiempo. Pues de contar con una participación decidida del Estado en la electrificación rural, las micro empresas o actores privados que proveen sistemas de energía, superada la barrera de los altos costos de inversión (a través de subsidios parciales -destinados a bajar los costos de inversión-), la siguiente fase es la de asegurar el funcionamiento futuro de estos sistemas.

Aunque la responsabilidad por el funcionamiento de estos sistemas sean transferida a los usuarios finales y o que la responsabilidad por la operación, mantenimiento y reposición de las partes del mismo sea de una operadora (empresa comunal de energía, cooperativa o las empresas distribuidoras) se necesita asegurar flujos de recursos para este propósito, sea a través de aportes de los usuarios o tarifas. Así se identifica como una oportunidad el apoyar al desarrollo de micro empresas cuyo eje de acción sea la prestación de servicios energéticos. Estas micro empresas podrán sustentar los servicios de mantenimiento y reposiciones pequeñas que se tienen por ejemplo de postas y escuelas, pero también ofertar accesorios, repuestos, partes y



complementos que no se tienen actualmente en la zona.

Para el caso de sistemas centralizados, como las micro centrales hidroeléctricas, o mini redes de sistemas híbridos, la sostenibilidad pasa por tener operadores y entes gestores capacitados en la prestación del servicio, el cálculo de tarifas, aspectos administrativos y técnicos que garanticen un manejo integral adecuado de estos sistemas. Si se desarrollan modelos para el acceso (en lo tecnológico y financiero, coordinando con los proyectos que apoyaran estos rubros), se estará orientando futuras acciones, buscando sostenibilidad y generación de ingresos.

9.7. Sobre la regulación en sistemas de energías renovables rurales

Es importante que se establezcan principios de fiscalización desde la AE u otras entidades sobre la calidad de servicios que se preste a los usuarios de energías renovables a través de los proyectos que se implementen.

Hasta el momento, los sistemas de energías renovables no son sujetos de supervisión sobre el la calidad de servicio que prestan, es decir, asegurar la calidad de las ER's y su aplicación. Esto implica trabajar aspectos más técnicos como la normativa que puede ayudar a estabilizar la calidad de los equipos, sus rendimientos y sus desempeños, buscando sobre todo que cumplan con el concepto de “*larga vida útil*”, “*bajos costos de mantenimiento*”.

Es importante que se cuente con mecanismos de supervisión y seguimiento, más allá de la vida de los proyectos, para proveer de asistencia técnica, capacitación y otros a los usuarios de manera permanente y asegurar que se cumplan en el mediano plazo, los objetivos de suministro de energía que son declarados en estos proyectos.



9.8. Sobre la generación distribuida con energías renovables

Se sugiere generar condiciones para la implementación de la Generación Distribuida y Eficiencia Energética. El gran reto de incorporar a las ER's en el suministro de energía eléctrica en baja tensión, vendrá con la aplicación de los conceptos de la generación distribuida. Los consumidores de electricidad podrían volverse a la vez generadores, y al inyectar energía en el nivel de distribución el juego tarifario es más interesante que a nivel de generación. Podría ser que las inversiones se realicen directamente sin necesidad de subsidios del Estado. Para esto es necesaria una señal normativa. Los estudios de caso para fotovoltaico y microcentrales hidroeléctricas así lo demuestran. La oportunidad es mucho más alta actualmente en los sistemas aislados que tienen altas tarifas.

Reglas similares podrían aplicarse para promover la eficiencia energética y el uso de otras tecnologías como los sistemas termosolares para el calentamiento de agua a escala masiva.

Prácticamente todos los países de la región ya disponen de normativa e incentivos al respecto (Ecuador, Brasil, Chile, Argentina, Uruguay, etc.), donde prima el concepto de intercambio, es decir que las distribuidoras paguen a los generadores distribuidos el mismo precio con el que estas empresas venden energía (Net Metering), esto simplifica los controles y mediciones.

9.9. Sobre la generación a gran escala con energías renovables

En conocimiento del potencial a gran escala que existe de energía solar, potencial eólico zonificado e inclusive geotermia localizada, es importante que se promueva la utilización de estos recursos de manera intensiva, para inyectar en el sistema interconectado en alta tensión, se debe considerar los altos costos de producción de electricidad con energías renovables; en ese sentido sería vital discutir desde ya los principios que permitan más adelante establecer mecanismos de compensación a la generación con energías renovables que tiene precios económicos de producción inferior al costo de producción de la energía térmica, pero costos financieros mayores; incluyendo si fuese necesaria la creación de un fondo de compensación²⁵.

²⁵ La idea central es que principal es que cada kWh generado con energías renovables ahorra Gas Natural que se quemaría al generar electricidad; el GN ahorrado se lo puede exportar a 7 \$US por millar de pies cúbicos, en lugar de quemarlo a 1,3 \$US/millas de pies cúbicos. El diferencial podría servir para retribuir el uso de ER.

Asimismo, para estos casos, será necesario que las normas futuras relacionadas con las energías renovables establezcan al menos los siguientes aspectos:

- i) las formas de remuneración de las energías renovables intermitentes cuando éstas vendan al Sistema Interconectado Nacional,
- ii) la calidad del servicio para las energías renovables en los sistemas aislados y dispersos,
- iii) los incentivos adicionales que podrían captarse cuando los precios de las fuentes convencionales tienden a deprimirse.



9.10. Sobre la formación de recursos humanos en energía renovables

Es posible la generación de empleo directo por el uso de energías renovables, y aunque normalmente el sector energético no es un gran creador de empleo, debido a la alta especialidad que se exige, aspectos como la electrificación rural descentralizada con energías renovables, la introducción masiva de sistemas termosolares en las ciudades, el desarrollo de la generación distribuida y la generación de electricidad a gran escala, exigirá una masa importante de recursos humanos, en todos los niveles. Una primera estimación ante un empleo masivo de ER's en el área rural hace prever que para el mantenimiento y operación de estos sistemas, se estima la generación de al menos 5500 puestos de trabajo permanentes, sin contar la cadena de servicios conexos, para la instalación, reparación, mantenimiento, provisión de partes y ampliación de sistemas, la cual fácilmente puede duplicar esta estimación inicial.

Adicionalmente si se contara con una Ley donde se especifique que el ente encargado de la

planificación del sector deberá establecer metas anuales de inserción de las energías renovables y además, en el caso de eficiencia energética, se deberían metas de reducción de pérdidas tanto en generación, transmisión, distribución y usos finales, el empleo de estos recursos humanos sería permanente y sostenido.

Hasta el momento, los recursos humanos que trabajan en este campo son aún pocos en relación a los desafíos que se tienen que manejar. Además se evidencia que muchos de los tomadores de decisiones no conocen las ER's sus detalles y características. A veces la barrera más grande para introducir las ER's son los preconceptos de estos profesionales que desestiman de antemano las alternativas de ER's como solución válida.

Considerando que es importante una masa crítica de profesionales en energías renovables, se debería explicitar la posibilidad de apoyo a la formación de RRHH en el campo de las energías renovables.

Cochabamba, Septiembre, 2012



DESA - Naciones Unidas

Proyecto:

Integración del Cambio Climático en los Programas Nacionales de Desarrollo Sostenible para América Latina y el Caribe

Bibliografía citada y consultada

AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL DE ELECTRICIDAD (AE)

2008 Plan Estratégico Institucional 2009 – 2014. La Paz, Bolivia. 2009

ARANA P., IVAR; GARCÍA C., MAGALI; APARICIO E., MARILYN

2007 El cambio climático en Bolivia (análisis, síntesis de impactos y adaptación). La Paz, Bolivia. Programa Nacional de Cambios Climáticos

BIRHUETT G., ENRIQUE

2010 Aproximaciones a un Marco Regulatorio en Energías Renovables

FAO – ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN

2009 El cambio climático, el agua y la seguridad alimentaria

EGGER, ANNE E. Phd.

2003 El Ciclo Hidrológico. El Viaje del Agua a través del Tiempo.

En: http://www.visionlearning.com/library/module_viewer.php?mid=99&l=s

FERNÁNDEZ F., MIGUEL

2005 ¿Por qué no se difunden las MCH's en Bolivia?. Taller EASE – ETC. el Fernández. Leusden, Holanda.

2005 Aplicaciones Sustentables de la Energía Fotovoltaica. Jornadas Iberoamericanas Guatemala. Octubre.

2010 Rol e impacto socio económico de las energías renovables en el área rural de Bolivia” CEDLA. Plataforma Energética. La Paz.

2011 Apuntes para una Nueva Ley de Electricidad que integre a las Energías Renovables. ENERGETICA. Cochabamba, Bolivia.

HOFFMANN, Dirk

2007 “Introducción sobre el impacto del retroceso de los glaciares y los recursos hídricos – presentación de conclusiones de la conferencia regional de Quito”. En: IMB Retroceso De los glaciares y recursos hídricos en Bolivia – De la Investigación a la acción”. Memoria del foro debate. La Paz, Bolivia 11 de diciembre de 2006 en celebración del día de la montaña.

INSTITUTO BOLIVIANO DE LA MONTAÑA (IBM)

2007 Retroceso De los glaciares y recursos hídricos en Bolivia – De la Investigación a la acción”. Memoria del foro debate. La Paz, Bolivia 11 de diciembre de 2006 en celebración del día de la montaña.

KUUSKRA, V. Y OTROS

- 2011 World Shale Gas Resources: An Initial Assesment of 14 Regions outside United States. U.S. Energy Information Administration, Independent Estatics and Analysis, Whashington DC.

LA RAZÓN

- 2003 “El cambio climático agudizará la crisis del recursos agua”.
La Razón. La Paz (07 de diciembre de 2003)

LUCANO, MARCELO. FUENTES, IVÁN. AVILÉS, SERGIO

- 2010 Mapa de Radiación Solar de Bolivia. Proyecto de Energía Solar. Departamento de Física. UMSS. Cochabamba, Bolivia.

MINISTERIO DEL AGUA

- 2008 El agua en Bolivia. Documento de trabajo.

MINISTERIO DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y PLANIFICACIÓN (MDSP) – PROGRAMA NACIONAL DE CAMBIOS CLIMÁTICOS (PNCC)

- 2000 Análisis de opciones de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero. La Paz Bolivia
- 2000a Primera comunicación ante la convención sobre cambio climático. La Paz Bolivia
- 2001 Estudio de la estrategia nacional de Participación de Bolivia en el Mecanismo de Desarrollo Limpio del protocolo de Kyoto. La Paz: PNCC
- 2002 Bases generales para la aplicación de la Estrategia nacional de Implementación de la Convención marco de las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático en Bolivia. La Paz: PNCC
- 2002a Estrategia nacional de implementación de la convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. La Paz: PNCC
- 2002b Diagnóstico de redes de observación sistemática para el cambio climático en Bolivia. La Paz. Bolivia
- 2002c Escenarios climáticos. se.

MINISTERIO DE DESARROLLO SOSTENIBLE (MDS) – PROGRAMA NACIONAL DE CAMBIOS CLIMÁTICOS (PNCC)

- 2003 Bolivia frente al cambio climático. La Paz: PNCC
- 2003a Inventario nacional de Emisiones de gases de efecto invernadero de Bolivia para la década 1990 – 2000 y su análisis tendencial. La Paz: PNCC
- 2003b Mecanismo de desarrollo limpio. Proyectos en Bolivia. La Paz Bolivia
- 2003c Aplicación del modelo Markal Macro en Bolivia. Primera fase. La Paz Bolivia.

- 2004 El cambio Climático Bolivia. La Paz: PNCC
- 2004a Instructivo anotado para la formulación de proyectos para el Mecanismo de Desarrollo Limpio y otros proyectos de mitigación del cambio climático. La Paz, Bolivia.
- 2005 Mercado de carbono y fondos de financiamiento para proyectos MDL. La Paz, Bolivia.
- 2005a La atención primaria ambiental como una estrategia de adaptación. Moro Moro una experiencia en construcción. La Paz, Bolivia.

MINISTERIO DE ENERGÍA E HIDROCARBUROS (MEH)

- 1990 Planificación Energética Rural para Bolivia. La Paz, Bolivia
- 2008 Balance Energético Nacional. La Paz, Bolivia. 2008
- 2009 Memoria Proyecto BOL/97/G31. La Paz, Bolivia. VMEA
- 2010 Programa Electricidad para Vivir con Dignidad. La Paz, Bolivia.
- 2011 Plan de Universalización Bolivia con Energía. La Paz – Bolivia.
- 2011 Política de Energías Alternativas para el Sector Eléctrico en el Estado Plurinacional de Bolivia. VMEA. La Paz

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA – PROGRAMA NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO

- 2009 Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 2002 – 2004. La Paz, Bolivia.
- 2010 Estrategia Nacional Bosque y Cambio Climático. La Paz, Bolivia.

MINISTERIO DE PLANIFICACIÓN DEL DESARROLLO – PROGRAMA NACIONAL DE CAMBIOS CLIMÁTICOS (PNCC)

- 2006 Plan Nacional de Desarrollo. La Paz, Bolivia.
- 2006 Mitigación del cambio climático. Estrategia de participación en el mecanismo de Desarrollo limpio y en otros esquemas de comercio de emisiones de gases de efecto invernadero en el marco del Plan nacional de Desarrollo de Bolivia. La Paz Bolivia.
- 2007 Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en las regiones del Lago Titicaca y los valles cruceños de Bolivia. Sistematización de los resultados de la investigación participativa, consultas y estudios de caso. La Paz: NCAP – ETC Foundation - SEI
- 2007a Programa Nacional de Cambio Climático. Boletín Informativo N° 4. Noviembre de 2007. La Paz, Bolivia.
- 2007b Mecanismo nacional de Adaptación al Cambio Climático. La Paz, Bolivia
- 2007c Memoria de Proyectos Programa Nacional de Cambios Climáticos 2006 – 2007. La Paz, Bolivia.
- 2007d Malaria de Altura. Estudio de caso. Evaluación multidisciplinaria de malaria en los Municipios de Carabuco, Mocomoco y Ancoraimes. La Paz, Bolivia.
- 2008 Enfrentemos al cambio climático. La Paz, Bolivia

MINISTERIO DE PLANIFICACIÓN DEL DESARROLLO – PROGRAMA NACIONAL DE CAMBIOS CLIMÁTICOS (PNCC) – ENERGÉTICA

- 2006 Meteorología y Climatología. Módulo 1. Formación a formadores para el desarrollo de acciones educativas en cambio climático. Cochabamba, Bolivia.
- 2006a Efecto Invernadero. Módulo 2. Formación a formadores para el desarrollo de acciones educativas en cambio climático. Cochabamba, Bolivia.
- 2006b Causas del Cambio Climático. Módulo 3. Formación a formadores para el desarrollo de acciones educativas en cambio climático. Cochabamba, Bolivia.
- 2006c Efectos del cambio climático. Módulo 4. Formación a formadores para el desarrollo de acciones educativas en cambio climático. Cochabamba, Bolivia.
- 2006d Haciendo frente al cambio climático. Módulo 5. Formación a formadores para el desarrollo de acciones educativas en cambio climático. Cochabamba, Bolivia.
- 2006e Guías didácticas para la enseñanza de los módulos sobre cambio climático para estudiantes de secundaria. Módulo 6. Formación a formadores para el desarrollo de acciones educativas en cambio climático. Cochabamba, Bolivia.

MONTES DE OCA, ISMAEL

- 2005 Enciclopedia Geográfica de Bolivia. Editora Atenea SRL. La Paz.

NACIONES UNIDAS

- 1992 Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. Nueva York
- 1998 Protocolo de Kyoto de la convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático.
- 2004 Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. Los diez primeros años. Bonn. Alemania
- 2004a Cambio climático: un desafío prioritario para el siglo XXI. Buenos Aires. Argentina
- 2007 Guía de la convención sobre el cambio climático y el protocolo de Kyoto: Unidos por el clima
- 2007a Energía, desarrollo industrial, contaminación del aire y la atmósfera y cambio climático en América Latina y el Caribe: nuevas políticas, experiencias, mejores prácticas y oportunidades de cooperación horizontal. Santiago de Chile
- 2007b Agricultura, desarrollo rural, tierra, sequía y desertificación: Obstáculos, lecciones y desafíos para el desarrollo sostenible de América Latina y el Caribe. Foro sobre la aplicación regional del desarrollo sostenible
- 2008 Cambio Climático. 19 de junio de 2008. En: <http://www.cinu.org.mx/temas.htm>

PANEL INTERGUBERNAMENTAL SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO (IPCC)

- 1997 Informe especial del IPCC impactos regionales del cambio climático: Evaluación de la vulnerabilidad.
2008 Climate Change and Water. Geneva:IPCC

PAZ RADA, OSCAR

- 2008 “El Cambio Climático y sus Implicancias en Bolivia”.
En: Informe del Estado Ambiental en Bolivia 2007 – 2008.
LIDEMA: La Paz.

RAMÍREZ, Edson

- 2007 “Impacto del cambio climático sobre la disponibilidad de recursos hídricos” En: Retroceso De los glaciares y recursos hídricos en Bolivia – De la Investigación a la acción”. Memoria del foro debate. La Paz, Bolivia 11 de diciembre de 2006 en celebración del día de la montaña.
2008 “Impactos del cambio climático y gestión del agua sobre la disponibilidad de recursos hídricos para las ciudades de La Paz y El Alto” Revista Virtual REDESMA (Octubre 2003) 49 - 61.

RUTHS, GERNOT

- 1990 Planificación Energética Rural para Bolivia. Organización de Estados Americanos (OEA) – Ministerio de Energía e Hidrocarburos. La Paz, Bolivia.

WORD WILDLIFE (WWF)

- 2008 Informe planeta vivo 2008. Colombia

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO (PNUD)

- 2007 Informe sobre Desarrollo Humano 2007-2008. La Lucha contra el cambio climático: Solidaridad frente a un mundo dividido.
2008 Bolivia es vulnerable a los efectos del cambio climático. se.
2011 Tras las Huellas del Cambio Climático. Estado del Arte del Conocimiento sobre Adaptación al Cambio Climático, agua y Seguridad Alimentaria.

TRANSPORTADORA DE ELECTRICIDAD (TDE)

- 2008 Atlas Eólico de Bolivia. Cochabamba, Bolivia.

UNESCO ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA Y LA CULTURA – ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL (OMM) – ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA (OIEA)

- 2006 “El Estado del Recurso” en El Agua una Responsabilidad compartida. Nueva York. 120 – 155

UNESCO ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA
EDUCACIÓN, LA CIENCIA Y LA CULTURA

2007 La crisis del agua. La situación. Nueva York. 5 – 22

WORLD WILDLIFE FUND (WWF) BOLIVIA

2010 Diagnóstico y Desafíos del Sector Energético Boliviano.

YACIMIENTOS PETROLÍFEROS FISCALES BOLIVIANOS (YPFB)

2012 Primera Ronda Internacional de Exploración 2012.

En <http://boliviarondaexploracion.com/>