

# Rol e impacto socioeconómico de las Energías Renovables en el área rural de Bolivia



Miguel Fernández Fuentes

**ROL E IMPACTO  
SOCIOECONÓMICO  
DE LAS ENERGÍAS  
RENOVABLES EN EL  
ÁREA RURAL DE BOLIVIA**





# ROL E IMPACTO SOCIOECONÓMICO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN EL ÁREA RURAL DE BOLIVIA

Miguel Fernández Fuentes



Centro de Estudios para el Desarrollo Laboral y Agrario/ Plataforma Energética; Miguel Fernández Fuentes.

Rol e impacto socioeconómico de las Energías Renovables en el área rural de Bolivia / por Miguel Fernández F.

(Serie Investigaciones de la Plataforma Energética N° 5)

La Paz: CEDLA, octubre 2010, x; 84 p.

I. t.

II. s.

**DESCRIPTORES TEMÁTICOS:**

<ENERGÍA><ENERGÍAS RENOVABLES><ENERGÍA RURAL><ENERGÍA ELÉCTRICA><ELECTRIFICACIÓN RURAL><ENERGÍA SOLAR><ENERGÍA EÓLICA><ENERGÍA DE BIOMASA><ENERGÍA HIDROELÉCTRICA><TECNOLOGÍA>

**DESCRIPTOR GEOGRÁFICO:**

<BOLIVIA>

**2010, CEDLA; Fernández, Miguel.**

**Depósito Legal:** 4-1-2060-10

**Editores:**

CEDLA  
Av. Jaimes Freyre No. 2940, Sopocachi  
Telfs. 2412429 – 2413175 – 2413223  
Fax: (591) (2) 2414625  
E-mail: [info@plataformaenergetica.org](mailto:info@plataformaenergetica.org)  
Web: [www.plataformaenergetica.org](http://www.plataformaenergetica.org)  
[www.cedla.org](http://www.cedla.org)

**Supervisión Editorial:**

La Paz, Bolivia  
Unidad de Comunicación

**Cuidado de edición:**

C.U.G.

**Ilustración de tapa:**

CEDLA

**Diagramación:**

Sonoviso Comunicaciones

**Impresión:**

Edobol

Publicación realizada con el apoyo de Oxfam

Impreso en Bolivia

*Printed in Bolivia*

Ninguna parte de esta publicación, incluido el diseño de tapa, puede ser reproducida, almacenada o transmitida de manera alguna ni por ningún medio, sin permiso previo del editor. Esta publicación se realiza en el marco de la Plataforma Energética, creada por el CEDLA como un espacio plural para promover el debate público sobre los temas fundamentales del sector energético. La opinión del autor no implica, necesariamente, la posición y enfoque institucional de la Plataforma Energética, de CEDLA o de Oxfam.

# ÍNDICE

<b>Presentación .....</b>	<b>vii</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
Contexto para la energía rural en Bolivia.....	3
Un país, dos realidades .....	4
Energía y pobreza .....	6
Diferencias energéticas urbano-rurales .....	10
El consumo de biomasa .....	14
<b>Análisis de la cobertura eléctrica rural .....</b>	<b>17</b>
<b>Consumos actuales, demandas potenciales y posibles soluciones .....</b>	<b>25</b>
Consumos por uso final .....	27
Tamaño de las comunidades sin electricidad .....	28
Demandas .....	31
<b>Potencial de Energías Renovables y tecnologías disponibles .....</b>	<b>33</b>
Potencial de energía solar .....	35
Potencial de energía eólica .....	38
Potencial de energía biomasa .....	40

Potencial de micro hidroenergía .....	41
Tecnologías de Energías Renovables disponibles .....	43
<b>Desafíos para la introducción de Energías Renovables</b> .....	<b>51</b>
Metas de cobertura .....	53
Cuantificación por tecnología seleccionada .....	55
Mejoramiento tecnológico .....	56
Generar sostenibilidad de los servicios .....	57
Usos productivos .....	59
Beneficios ambientales de las Energías Renovables para las comunidades .....	60
<b>El acceso a la energía</b> .....	<b>65</b>
Mecanismos de acceso actuales .....	67
Barreras a superar .....	71
<b>Reflexiones finales</b> .....	<b>73</b>
<b>Bibliografía</b> .....	<b>79</b>
<b>Glosario</b> .....	<b>82</b>

# ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Patrones de consumo energético familiar urbano-rural (BEP/año).....	10
Cuadro 2	Rubros de consumo de energía en comunidades dispersas.....	27
Cuadro 3	Número y distribución de localidades por área y cantidad de habitantes, 2005 .....	29
Cuadro 4	Localidades vs. cobertura eléctrica 2005	30
Cuadro 5	La demanda rural .....	32
Cuadro 6	Escenario de introducción de Energías Renovables .....	55



# ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Municipios de Bolivia: cobertura eléctrica vs. nivel de pobreza.....7
Gráfico 2	Bolivia: energía y pobreza, ¿un problema rural?.....8
Gráfico 3	Población sin electricidad en Bolivia.....9
Gráfico 4	Fuentes energéticas para cocción .....11
Gráfico 5	Fuentes energéticas para iluminación ...13
Gráfico 6	Evolución histórica de la cobertura de electrificación rural .....20
Gráfico 7	Cobertura eléctrica urbana, rural y nacional 2007 .....22
Gráfico 8	Cobertura eléctrica 2007 .....23
Gráfico 9	Mapa de radiación solar media anual para Bolivia (kWh/m <sup>2</sup> *día) .....36
Gráfico 10	Áreas de potencial eólico en Bolivia.....39
Gráfico 11	Productividad anual de biomasa en Bolivia (m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> /año) .....40
Gráfico 12	Potencial hidroeléctrico en Bolivia (GWh/Km <sup>2</sup> /año) .....42
Gráfico 13	Sistemas fotovoltaicos instalados en proyectos de Energética .....45
Gráfico 14	Desafíos para la electrificación rural.....53

# PRESENTACIÓN

El Centro de Estudios para el Desarrollo Laboral y Agrario (CEDLA) elaboró el año 2009 un estudio denominado “Estado del debate en política energética” que mostró que la política energética nacional carece de una visión integral y de largo plazo, y en cuyo diseño se extraña, como elemento vital en la generación de políticas públicas, un debate nacional participativo y rico en propuestas.

Ante esta evidencia, el CEDLA llegó a la conclusión, en consonancia con otras organizaciones empresariales, sindicales, universitarias, regionales e incluso gubernamentales, de que era necesario crear un espacio permanente, plural y participativo de reflexión, estudio y debate público sobre los temas fundamentales del sector energético.

Esa es la naturaleza y origen de la Plataforma Energética, que inició formalmente sus actividades en octubre del 2009, como un escenario democrático y público de debate, que no asume ni se arroga representación social alguna, y en el que participan tanto las empresas, el Estado, los expertos, las universidades, los sindicatos, las juntas vecinales y representaciones indígenas, planteando sus ideas y defendiendo sus legítimos intereses.

Bajo la coordinación inicial del CEDLA, la Plataforma Energética delineó en sus primeras deliberaciones las características y contenidos básicos de 5 mesas de trabajo, desde las cuales se alimentará el debate sobre política energética con la realización de investigaciones, estudios, propuestas, reuniones y otras formas de aportar/interpelar el diseño de políticas públicas. Allí también se definió incentivar este debate con la realización de seis investigaciones sobre temas importantes para el sector energético.

Estas investigaciones fueron, encargadas a destacados profesionales independientes y expertos del sector, y están focalizadas en: 1) El litio y el desarrollo energético boliviano, 2) La industrialización del gas y la política energética, 3) El impacto de las energías renovables en el área rural de Bolivia, 4) El subsector de electricidad en el marco de la nueva ley, 5) El análisis ambiental de la política energética boliviana, y 6) el estado de la planificación energética en Bolivia.

Con la información y conocimiento generados en estas investigaciones, la Plataforma Energética busca, en lo fundamental, dinamizar un debate público que aporte al diseño de la política energética nacional de manera crítica, propositiva y fundamentada.

En esta oportunidad se presenta el resultado de la investigación denominada “Rol e impacto socioeconómico de las energías renovables en el área rural de Bolivia” realizada por Miguel Fernández Fuentes, que muestra, entre otros resultados, una aproximación a la realidad energética de las familias rurales bolivianas; la estrecha relación entre los bajos índices de cobertura de servicios energéticos y la pobreza rural y; las potenciales posibilidades de cambiar dicha realidad utilizando tecnologías de energías renovables de baja tensión.

En la Plataforma Energética se cree firmemente que los resultados y planteamientos desarrollados en este estudio permitirán impulsar el trabajo, debate y deliberaciones sobre el sector, los mismos que serán públicos, transparentes, abiertos a la opinión pública que quiera participar de estos temas vitales para el país.

Javier Gómez Aguilar  
Director ejecutivo

# **INTRODUCCIÓN**



## **Contexto para la energía rural en Bolivia**

En el mundo aún existen cerca de 2.000 millones de personas que no tienen acceso a servicios de energía moderna, y en América Latina el Caribe son aproximadamente 47 millones de personas que carecen de acceso a la electricidad.

La cobertura eléctrica el año 2007 en Bolivia fue del 71% (con una cobertura urbana del 89% y una cobertura rural del 39%). A pesar de los esfuerzos realizados en la electrificación rural, mediante la instalación de redes eléctricas, aún 3 millones de personas no tienen acceso a electricidad y casi 4 millones usan leña como fuente principal de energía.

En el contexto rural, se ha evidenciado que el acceso a la energía marca la diferencia en la calidad de vida de la población y mejora sus condiciones de sostenibilidad. Las familias rurales debido a que tienen un acceso limitado a la energía, usan pilas, velas y mecheros, pero en términos reales, las familias rurales pobres<sup>1</sup> pagan más por servicios de energía de baja calidad.

---

1 A lo largo de este documento los términos “pobres” y “pobreza” hacen referencia a las condiciones de vida de la población que no cumple con niveles mínimos de bienestar asociados a las características de la vivienda, disponibilidad de servicios de agua, saneamiento, insumos energéticos, niveles educativos y atención de salud, definidas por el índice de NBI (necesidades básicas insatisfechas) del INE.

En la actual Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia el acceso a los servicios básicos y a la electricidad es un derecho. Pero ¿qué significa acceso a la energía?, ¿cuál es el contexto en el que se desenvuelven los grupos sociales sin acceso a la energía rural?, ¿qué alternativas tecnológicas existen?, ¿cuán accesible es la energía renovable a estos grupos?, ¿cómo universalizar el acceso? El presente documento busca responder estas interrogantes.

## **Un país, dos realidades<sup>2</sup>**

En el campo energético, desde el año 2005 el actual gobierno ha procedido con la nacionalización de la industria del gas natural (GN) y el petróleo, paralelamente se ha insertado la discusión sobre la aplicación de un nuevo modelo económico que intenta buscar equidad y responsabilidad estatal con una mayor presencia del Estado en todos los sectores económicos y sociales del país.

Así, Bolivia experimenta un proceso de redefinición de sus vínculos con la economía mundial y de reorganización de su estructura productiva, incorporando al Estado en la economía con un rol más protagónico que solamente el de orientador o normador, como el que desempeñaba en el pasado. Esto, tomando como eje principal de acción la disponibilidad de las mayores reservas de GN de la región e intentando salir del grupo de los países más pobres del mundo.

El gran desafío de la nacionalización realizada es el desarrollo a plenitud del potencial hidrocarburífero boliviano, lo que permitirá que el país se constituya, en los hechos, en el eje de la integración energética gasífera del Cono Sur<sup>3</sup>. El gasoducto a Brasil, así como los existentes al interior de Bolivia, el de

---

2 Un país, dos realidades. Artículo en Petropress. Energía y Pobreza, una relación olvidada. Número especial. CEDIB. Cochabamba Bolivia, marzo 2007.

3 Brasil, Chile, Paraguay, Uruguay, Argentina y Bolivia.

exportación a Argentina con sus respectivas ampliaciones a nivel interno y externo, constituyen la red más importante para el comercio gasífero en esta región, la cual, en el futuro servirá para el transporte de GN no sólo de Bolivia sino también de otros países.

Sin embargo ésta es sólo una parte del escenario, que viene a ser complementado por la realidad de un área rural con una población dispersa, inconexa y aislada y marginada del mercado energético nacional, que representa casi un 40% de la población del país con índices de desarrollo por debajo de los niveles aceptables mundialmente.

En el área rural el abastecimiento de los hidrocarburos es muy escaso, particularmente el del Gas Licuado de Petróleo (GLP). De amplio uso a nivel urbano, el GLP sólo está presente en los centros rurales más importantes, mientras que en el resto del territorio nacional sencillamente no existe disponibilidad de este combustible. La principal fuente energética en estas áreas dispersas y alejadas es la biomasa, que en promedio cubre el 80% de la demanda total rural de energía (hay algunas zonas donde este recurso cubre hasta el 97% de esta demanda<sup>4</sup>, situación que no ha cambiado en los últimos 13 años).

Se estimó que la cobertura eléctrica en el país en el año 2007 alcanzó un 71%. Mientras las ciudades tienen una cobertura de entre el 80% y el 90%, en el área rural apenas llega a un 39%<sup>5</sup>. Los consumos en electrificación rural alcanzan en promedio apenas el 25 kWh/mes<sup>6</sup> por familia y la mediana<sup>7</sup> se posiciona

---

4 INE ESMAP 1997.

5 Anuario Estadístico del Sector Eléctrico 2008. Declaraciones del Vice Ministerio de Electricidad y Energías Alternativas en Diciembre de 2009 mencionaban la cobertura rural en un nivel cercano a 45%, sin embargo no se pudo corroborar este dato.

6 kWh/mes: kilovatios hora por mes.

7 Es el valor que divide un conjunto de valores ordenados jerárquicamente en dos partes iguales.



en 32 kWh/mes por familia, una cantidad de energía que solamente permite un uso limitado de la iluminación y la radio, así como de algunas horas de televisión<sup>8</sup>.

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 vive una realidad del siglo XIX. Dos siglos es la diferencia entre el campo y la ciudad.

## **Energía y pobreza**

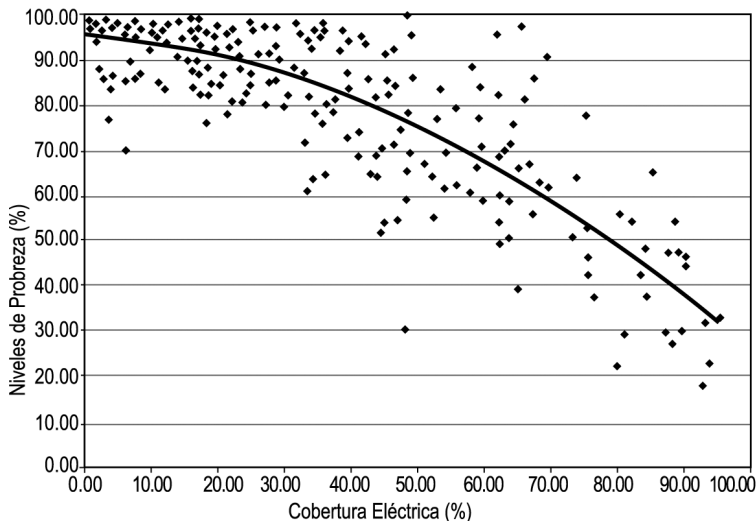
En el ámbito rural existe una estrecha relación entre pobreza y falta de acceso a la electricidad, se podría decir que son casi sinónimos.

En este sentido y utilizando el criterio de medición de la pobreza en Bolivia basado en las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), se observa que el número de hogares rurales en condiciones de pobreza extrema es muy próximo al número de hogares en el área rural que no cuentan con energía eléctrica, lo que implica que el 90,17% de hogares sin energía eléctrica del área rural corresponden a hogares en situación de pobreza extrema (indigencia y marginalidad).

---

8 Aún existen zonas donde los consumos eléctricos están por debajo de los 20 kWh/mes. Experiencias de Electrificación Rural en Cochabamba. ELFEC. Marzo, de 2009.

**Gráfico 1**  
**Municipios de Bolivia: cobertura eléctrica vs. nivel de pobreza**



Fuente: Análisis de la demanda de electrificación rural. Energética. 2005; INE 2001; Reportes de NBI.

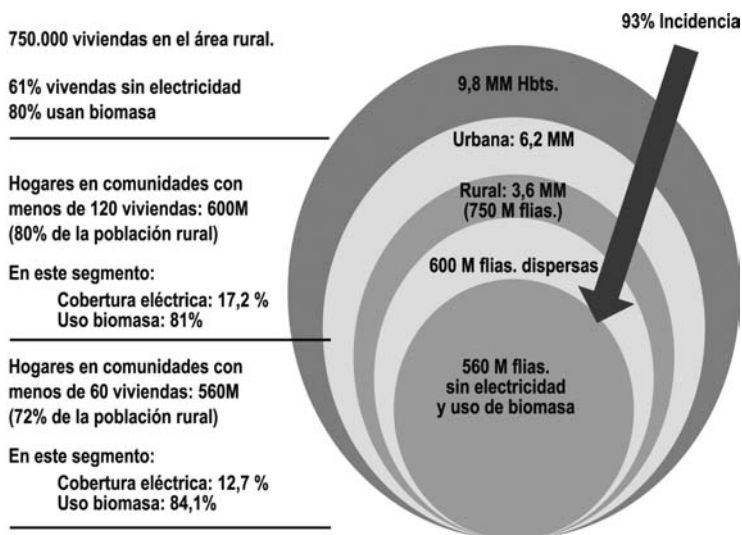
Elaboración: Propia.

Cuando se analiza el tema poblacional en el área rural, sobresalen niveles de dispersión existentes. Se identifica que cerca de 600.000 familias viven en comunidades reducidas, con menos de 120 familias, lo que representa el 80% del total de la población rural. En este segmento la cobertura eléctrica es del 17,2% y el uso de biomasa alcanza el 81%.

Si se desciende un nivel más en el análisis, se puede ver que aproximadamente 560.000 familias rurales viven en comunidades con menos de 60 familias, de las cuales sólo un 12,7% tiene acceso a la electricidad y un 84,1% usa biomasa. Este grupo representa el 72% de la población rural<sup>9</sup>.

<sup>9</sup> Energy and Poverty in Bolivia. A rural problem? ACCESS-EASE International Newsletter. Volume 3. Febrero 2006.

**Gráfico 2**  
**Bolivia: energía y pobreza, ¿un problema rural?**

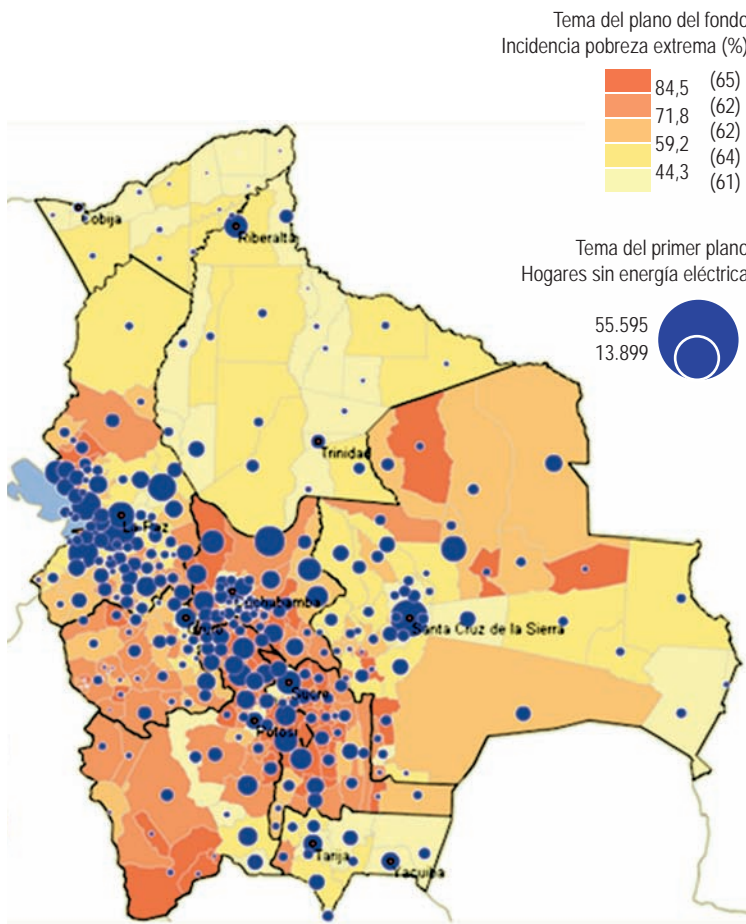


Fuente: Adaptación de Análisis de la demanda de electrificación rural. Energética. 2005.  
 Elaboración: Propia.

En ese nivel se puede ver que la relación entre las variables de energía y pobreza es más directa y alcanza un 93% de correlación.

Finalmente se puede observar que la presencia de grupos poblacionales sin acceso a la electricidad se encuentra, con una relativa densidad, sobre la franja del territorio occidental que ocupa la Cordillera de Los Andes.

### Gráfico 3 Población sin electricidad en Bolivia



Fuente: INE 2004.

Elaboración: Energética 2005.

## Diferencias energéticas urbano-rurales

En el análisis urbano-rural, es importante visualizar la diferencia que existe en la oportunidad del acceso a energías económicas. Las ciudades más grandes en Bolivia tienen un abastecimiento regular de GLP, GN, combustibles líquidos y electricidad, mientras que en el área rural la llegada de estos energéticos es poco menos que fortuita, e incluso impensable en muchos casos.

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 que en este caso sería el Barril Equivalente de Petróleo (BEP), (Cuadro 1).

**Cuadro 1**  
**Patrones de consumo energético familiar urbano-rural (BEP/año<sup>10</sup>)**

Fuente	Urbano	Rural
Biomasa	0,27	5,01
Diésel/kerosene	0,15	0,215
GLP	1,49	0,12
Electricidad	1,38	0,016
Total BEP/año (consumido)	3,29	5,361
<b>Total BEP/año (energía útil)</b>	<b>1,93</b>	<b>0,65</b>

Fuente: Energía y Desarrollo Sustentable en ALAC. Estudio de caso de Bolivia. OLADE, CEPAL, GTZ. 1997.

Elaboración: Propia.

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 consumo

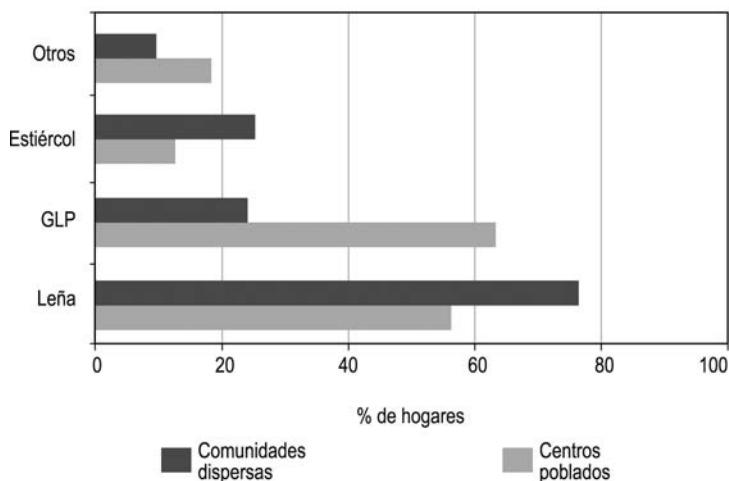
---

<sup>10</sup> BEP/año: Barril Equivalente de Petróleo por año.

total), mientras que en el área rural la mayor importancia está en la biomasa (93%) y en el diésel/kerosene (4%).

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

**Gráfico 4**  
**Fuentes energéticas para cocción**



Fuente: Energía y Desarrollo Sustentable en ALAC. Estudio de caso de Bolivia.  
Elaboración: Propia.

De los totales del Cuadro 1 se observa que el volumen total de energéticos consumidos por una familia rural es 1,6 veces mayor que el que consume una familia urbana. Sin embargo, cuando se analizan los rendimientos de los energéticos y se

calcula la energía útil que emplea cada familia, la relación se invierte: una familia urbana dispone de tres veces más energía útil que una familia rural. Esta situación muestra la indigencia energética rural que existe como consecuencia del empleo de tecnologías energéticas ineficientes.

Este hecho ratifica que el sector rural está prácticamente marginado de los sistemas convencionales de energía, pues si bien el GLP y la electricidad han empezado a penetrar en el mercado rural, aún tropiezan con la barrera de la dispersión y la falta de acceso. Además los ingresos económicos en el área rural son mucho más bajos que los del área urbana, lo que se constituye en una limitante para el consumo de estos energéticos.

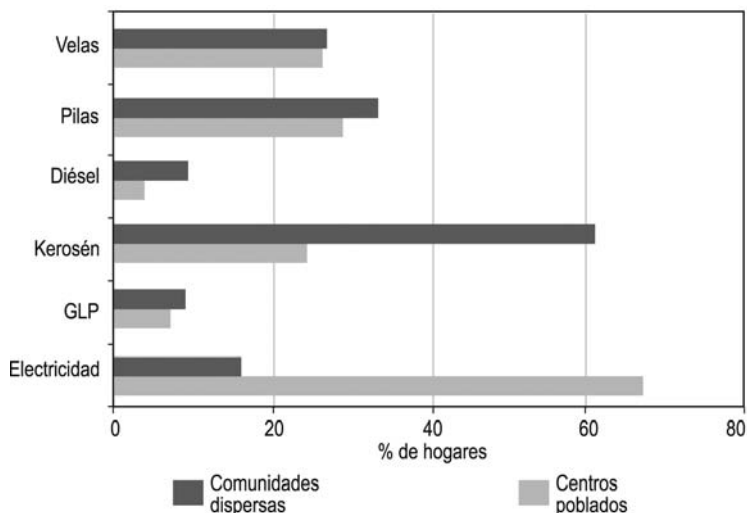
En general, fuentes de energía como la electricidad, el kerosén, las velas, las pilas y el diésel, que se usan para fines no térmicos, no son representativos en la matriz energética de los hogares rurales, representando sólo un 11% del consumo final de la energía<sup>11</sup>. Aunque no exigen grandes cantidades de energía, la iluminación (5%) y el acceso a medios de comunicación (2%), principalmente la radio<sup>12</sup>, son demandas de corte estratégico por su impacto en la calidad de vida rural.

---

11 Energía y Desarrollo Sustentable en ALAC. Estudio de Caso de Bolivia. OLADE, CEPAL, GTZ. 1997.

12 La radio es el medio de comunicación más extendido en el área rural y juega un papel importante en la organización de las comunidades y sus nexos con el exterior. Una limitante para el tiempo de acceso a la información de la radio, es el alto costo de las pilas.

**Gráfico 5**  
**Fuentes energéticas para iluminación**



Fuente: Energía y Desarrollo Sustentable en ALAC. Estudio de caso de Bolivia.  
Elaboración: Propia.

Los bioenergéticos suponen un 89% de la energía total de una familia, y son la fuente predominante. Aún en los centros poblados son la principal fuente de energía para la cocción de alimentos y el calentamiento de agua.

Los costos para cubrir la demanda del 11% de energía que podría ser sustituida por electricidad significan, en promedio, un 78% del gasto energético total de una familia. Los gastos promedio por familia en iluminación y comunicación anualmente significan un costo de 68 \$us/año para el altiplano, 107 \$us/año para los valles y 114 \$us/año para los llanos y, en total se estima que alcanzan los 114 MM \$us/Año<sup>13</sup> en iluminación (con energéticos tradicionales, pilas, velas y mecheros).

13 MM \$us: Miles de millones de dólares americanos.



A pesar que la biomasa utilizada en su mayor parte es recolectada, como se verá más adelante, también existe un mercado de leña, el mismo que se estima en 5MM \$us/Año.

Los usos productivos de la energía en familias rurales dispersas representan un porcentaje marginal del consumo total; cuando existen, son específicos, concretos y deben abordarse de una manera particular; adicionalmente una gran mayoría de usos productivos tienen una demanda térmica.

### **El consumo de biomasa<sup>14</sup>**

El abastecimiento de biomasa en hogares situados en comunidades dispersas, particularmente leña para la cocción de alimentos, se realiza por medio de la recolección. Un 82% de los hogares rurales recogen leña de bosques más o menos cercanos. El consumo familiar promedio está estimado en 2,1 t/año<sup>15</sup>.

La recolección de esta leña implica sobre todo el trabajo de mujeres, niños y niñas, quienes tienen como responsabilidad el suministro de este energético. Se estima que anualmente se emplean cerca de 89 horas-hombre/año por hogar para la provisión de leña.

Considerando un universo de 600.000 hogares que consumen leña, la cantidad de horas empleadas en este trabajo alcanza a 53,4 millones de horas/año.

Las familias rurales perciben problemas respecto al uso tradicional de leña: i) la menor disponibilidad en el acceso; ii) el incremento de las distancias para conseguir el recurso; y iii) la falta de medios necesarios de transporte. También se hace notar que la actividad de recolección de leña es un trabajo

---

14 La redacción de este punto se basa en el documento: Uso de la biomasa por familias rurales en Bolivia: Diagnóstico y lineamientos para una propuesta. Energética. 2004.  
15 t/año: Toneladas por año.

excesivo, al que hay que dedicarle mucho tiempo (en función del piso ecológico). Finalmente también se manifiestan sobre los inconvenientes que ocasiona su consumo, y mencionan el humo que se produce, en general, y el hollín que ensucia las casas.

El impacto ambiental del uso de leña se presenta sobre todo en el interior de las viviendas rurales, como una contaminación *in-door*. Mediciones sobre la presencia de monóxido de carbono y material particulado (producto de la combustión de la leña) que han sido realizadas en hogares rurales de Bolivia, muestran que en el país se sobrepasan hasta en seis veces los niveles<sup>16</sup> definidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como peligrosos.

La imposibilidad de sustitución de este energético por GLP radica en la inaccesibilidad a las comunidades aisladas y/o los altos costos de transporte, así como en la irregularidad del abastecimiento. El uso de combustibles líquidos tropieza con la misma dificultad y, finalmente, la extensión de GN es prácticamente imposible.

En este punto, la opción más razonable de cara al futuro es el mejoramiento de las tecnologías de combustión, pasando del uso de los fogones de tres piedras, que tienen una eficiencia de aproximadamente el 7%, a fogones mejorados, con eficiencias de entre el 20% y el 25%. Es decir, se podría reducir los consumos de leña (y por consiguiente la contaminación) en al menos tres veces respecto a los consumo actuales.

---

16 Informe de evaluación de gases de combustión en cocinas domésticas rurales del municipio de Alalay. Energética-EASE. 2001.



**ANÁLISIS DE LA  
COBERTURA  
ELÉCTRICA RURAL**



Bolivia ha venido realizando, desde la década de los setenta, una serie de esfuerzos para mejorar la cobertura de electricidad en el área rural. Estos esfuerzos fueron conducidos bajo visiones diversas que respondían a tendencias de desarrollo de ese tiempo, pero donde no estaban presentes conceptos como la gestión local, la capacitación o los roles de los actores, entre otros. En consecuencia estos impulsos desembocaron en experiencias fallidas y en la mayoría de los casos con un resultado final que reflejó un bajo incremento de la cobertura rural.

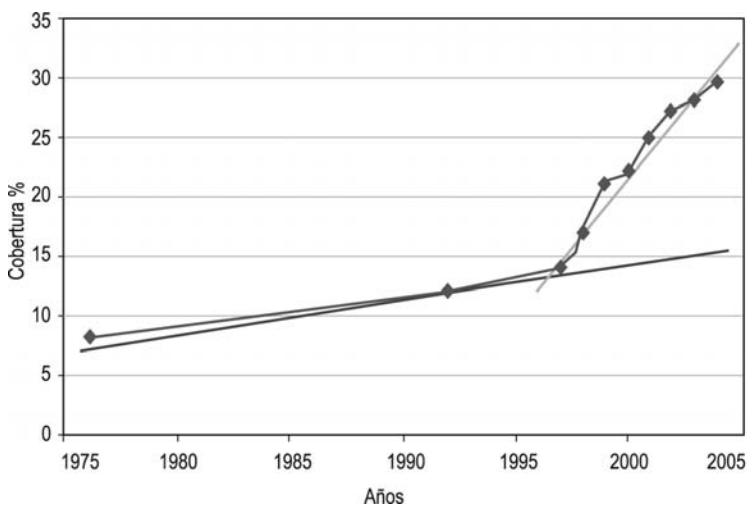
Así, la atención del gobierno a la electrificación rural ha tenido una evolución histórica que marca claramente dos épocas en función de los niveles de cobertura alcanzados:

- La primera época, identificada desde 1976 hasta 1997, se caracteriza por una evolución sumamente lenta. En 20 años la cobertura sube del 8% al 12%, con una tasa promedio de 0,3%/año.
- La segunda época, identificada desde 1997 hasta el 2004, muestra un cambio de situación y un compromiso mayor con el desarrollo de este sector. En este período

la cobertura pasa del 12% al 30% (según datos del Viceministerio de Electricidad, Energías Alternativas y Telecomunicaciones [VMEEAT] del 2005), con una tasa de crecimiento de la cobertura de 2,4%/año.

Esta situación permite apreciar que durante los 20 años de la primera época la cobertura en el área rural se elevó en un 4%, en la segunda época el crecimiento absoluto de la cobertura fue del 18%. Es decir, que para lograr este incremento el desarrollo de nuevas conexiones se multiplicó al menos ocho veces en relación al primer período.

**Gráfico 6**  
**Evolución histórica de la cobertura de electrificación rural**



Fuente: Datos del VMEEAT. 2005.  
Elaboración: Propia.

Sin duda esta evolución responde a un cambio de actitud en el Estado que se inicia con la estructuración de la Estrategia Nacional de Energía Rural (1994), que presentó oficialmente el

tema de la electrificación rural. Este documento marcaba lineamientos que hasta ahora siguen vigentes, buscando incorporar al sector privado, articular la planificación local y lograr una diversificación tecnológica para la atención de las demandas rurales.

Posteriormente, se instituyó el Programa Nacional de Electrificación Rural (Proner, 1997), el cual era, en los hechos, un plan operativo de la Estrategia Nacional de Energía Rural. Sin embargo, la cualidad del Proner era que intentaba generar un paraguas institucional para el desarrollo de la energía rural y buscaba uniformar criterios y canalizar inversiones para el desarrollo del sector eléctrico rural.

Finalmente, en el año 2002 se presentó el Plan Bolivia de Electrificación Rural (Plaber, 2002) el cual ya consideraba metas de cobertura (incorporar 200.000 hogares rurales al servicio eléctrico hasta el año 2007). Además este plan se convirtió en el eje para la canalización de recursos, sobre todo para los proyectos de extensión de redes rurales.

Sin embargo, el crecimiento de la electrificación rural durante el período de 1994 a 2005 de ninguna manera responde a las reformas económicas y de capitalización del sector eléctrico. El crecimiento de la electrificación rural se produce como parte de la reforma social y a través de los recursos que se destinan a las prefecturas y los municipios, en el marco de la Ley de Descentralización y de la Ley de Participación Popular, que, originalmente, debían atender las necesidades de los sectores de salud y educación y que son invertidos en energía<sup>17</sup>.

El sector privado, encargado de la expansión de los servicios de electricidad de acuerdo a los postulados de la reforma estructural, no realizó ninguna inversión en el área rural. Es más,

---

17 Resultados de la Reestructuración de la Industria Energética en Bolivia. OLADE-CEPAL-GTZ. Abril 2002.



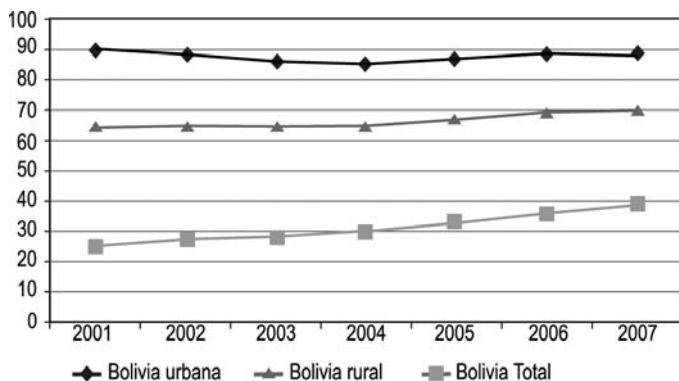
de manera muy ajustada, este sector respondió (y con retraso) al crecimiento de las demandas urbanas.

Una segunda serie de datos<sup>18</sup> muestra la evolución de la cobertura eléctrica a nivel nacional entre el año 2000 y el 2007, que permite apreciar que en el área urbana la cobertura se mantuvo en un promedio de 89% en el período 2001 al 2007. En el área rural la cobertura se elevó del 24%, en el 2001, al 39%, en el 2007. El nivel de cobertura total en Bolivia alcanzó el 71%.

Para el año 2009 se estimó que la cobertura rural alcanzaría al 45%, mientras que la cobertura urbana se mantuvo en el 89%.

El mayor crecimiento de cobertura se produjo en el área rural. Aún así el acceso a la electricidad de la población de estas comunidades sigue siendo un problema no resuelto.

**Gráfico 7**  
**Cobertura eléctrica urbana, rural y nacional 2007**



Fuente: Superintendencia de Electricidad.

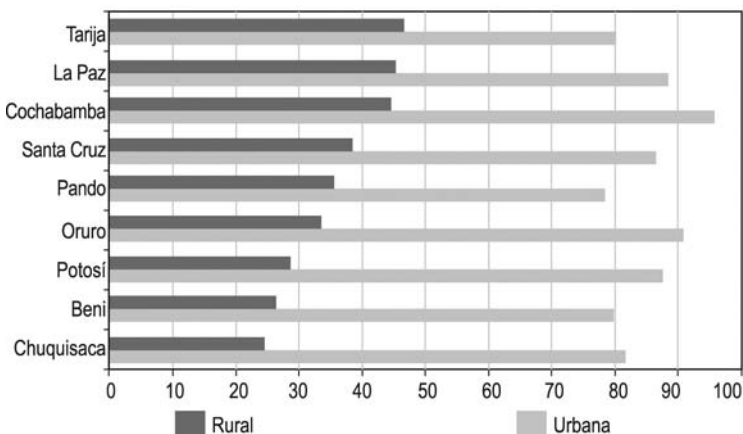
Elaboración: Propia.

18 Datos extraídos de los Anuarios Estadísticos del Sector Eléctrico 2000 a 2008.

Un análisis nacional por departamentos al año 2007 muestra el estado de la cobertura eléctrica de manera más directa.

En los diferentes departamentos se observa que mientras en el área urbana el acceso a la electricidad oscila entre el 79% y el 96%, en el área rural la población que cuenta con electricidad varía entre el 25% y el 49%. Esta situación sin duda refleja una limitación estructural para facilitar procesos de desarrollo en esas comunidades.

**Gráfico 8**  
**Cobertura eléctrica 2007**



Fuente: INE y Superintendencia de Electricidad.

Elaboración: Propia.

Asimismo, se puede ver que por departamentos los grupos con menos acceso a la energía se encuentran en Chuquisaca, Beni, Potosí (una cobertura que oscila entre el 20% y el 30%), mientras que en Oruro, Pando y Santa Cruz se encuentran con niveles de cobertura superiores (entre el 30% y el 40%). Finalmente, Tarija, La Paz y Cochabamba tendrían las mayores coberturas (entre el 40% y el 50%).

Siendo la extensión de la red eléctrica la principal opción de solución para el problema del suministro energético, al revisar los costos promedio de conexión en diferentes proyectos de electrificación rural, la inversión por familia ha ido incrementándose de manera paulatina<sup>19</sup>:

- 1990	700 \$us/conexión
- 1998	1.000 \$us/conexión
- 2007	1.300 \$us/conexión

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 reducido. Esto significa que la red eléctrica se acerca al límite técnico y económico como solución generalizada para resolver este problema en el contexto del país.

---

19 Desafíos para las Energías Renovables en el Área Rural de Bolivia. Boletín Ecodes N° 79, febrero 2009. Fundación Ecología y Desarrollo. España, febrero 2009.

**CONSUMOS ACTUALES,  
DEMANDAS POTENCIALES  
Y POSIBLES SOLUCIONES**



## Consumos por uso final

Los consumos de energía actuales en comunidades aisladas sin acceso a electricidad se pueden observar en el siguiente cuadro (Cuadro 2).

**Cuadro 2**  
**Rubros de consumo de energía en comunidades dispersas**

Rubros de consumo de energía en comunidades dispersas	Total (%)
Iluminación	4,91
Cocción	89,97
Calentamiento de agua	3,79
Calefacción ambiente	0,04
Refrigeración de alimentos	0,59
Audiovisión	0,10
Electrodomésticos	0,01
Bombeo	0,14
Generación de electricidad	0,12
Usos no energéticos	0,32
<b>TOTAL</b>	<b>99,99</b>

Fuente: Adaptado de Energy for the People. EASE Newsletter.  
Elaboración: Propia.

El principal consumo de energía (prácticamente un 90%) se utiliza en la cocción de alimentos. El segundo consumo en energía (un 4,91%) se emplea en iluminación y el tercer consumo (3,79%) se utiliza en el calentamiento de agua para diferentes usos. Es decir, estos tres rubros concentran el consumo energético, mientras que el resto de los consumos de energía suman un 1,33%.

En estas comunidades la producción está basada en el uso de fuerza humana y animal. El transporte desde sus hogares hasta los puntos de intersección con caminos o ferias periódicas se realiza utilizando como base la tracción animal. Algunas comunidades están conectadas por caminos, pero normalmente por la baja densidad poblacional no existen servicios regulares de transporte público.

Aunque la descripción del consumo energético corresponda a una realidad propia de principios del siglo XIX, es la que se presenta en las comunidades aisladas.

### **Tamaño de las comunidades sin electricidad**

Conocer el tamaño medio de las comunidades sin energía, y la cantidad de las mismas, puede permitir visualizar mejor la situación de los habitantes sin acceso a la energía.

Durante el proceso de codificación geográfica de los datos del Censo 2001 se obtuvieron referencias de unidades menores a la de organización comunitaria, denominadas localidades. Según el Instituto Nacional de Estadística (INE), existen 28.932 localidades registradas. Una localidad, en la práctica, coincide casi exactamente con una comunidad.

**Cuadro 3**  
**Número y distribución de localidades por área**  
**y cantidad de habitantes, 2005**

Tamaño de la localidad	Área urbana > 2.000 hab.	Área rural < 2.000 hab.	Total	%
1 a 350 hab.	0	26.970	26.970	93,6%
351 a 1,999 hab.	0	1.673	1.673	5,8%
2.000 a 10.000 hab.	134	0	134	0,5%
10.000 y más hab.	45	0	45	0,2%
TOTAL	179	28.643	28.822	100,0%
%	<b>0,6%</b>	<b>99,4%</b>	<b>100,0%</b>	

Fuente: Plan Maestro de Electrificación Rural BID. 2007  
 Elaboración: Propia.

El promedio de hogares en localidades de entre 1 y 350 habitantes (a las cuales pertenece el 94% de todas las localidades, según el INE) es de 16 (con un máximo de 24 y un mínimo de 13 hogares), lo cual proporciona una idea básica del tamaño de las localidades existentes<sup>20</sup>.

Un criterio para considerar a un grupo de viviendas como una localidad es que la misma sea reconocible geográficamente; esto significa que este grupo de viviendas no es contiguo a otro similar, en una distancia tal que les permite diferenciarse claramente. Entonces, dado el tamaño medio de las localidades, se puede inferir que en estos grupos poblacionales se presenta una alta dispersión geográfica.

<sup>20</sup> Bases para una actualización de la base de datos de electrificación rural y lineamientos para una estrategia de electrificación rural; PHRD (Japón-Banco Mundial); La Paz; 2002.



Si ahora se realiza un cruce de las variables de localidades existentes y el nivel de cobertura eléctrica<sup>21</sup> se tiene la situación que se muestra en el Cuadro 4.

**Cuadro 4**  
**Localidades vs. cobertura eléctrica 2005**

Departamento	0%	0,1-5,0%	5,1-15,0%	15,1-30,0%	30,1-45,0%	45,1-60,0%	60,1-75,0%	75,1-100,0%	Total
Chuquisaca	2.472	251	257	146	63	69	72	93	3.423
La Paz	3.991	634	561	379	367	413	372	311	7.028
Cochabamba	2.216	406	380	177	157	182	276	495	4.289
Oruro	2.661	89	104	83	69	82	60	113	3.261
Potosí	4.556	389	374	154	113	126	128	168	6.008
Tarija	426	105	90	64	43	60	65	70	923
Santa Cruz	1.069	290	413	255	160	179	181	222	2.769
Beni	490	89	138	70	20	22	13	25	867
Pando	221	27	40	35	14	11	8	8	364
<b>Total localidad</b>	<b>18.102</b>	<b>2.280</b>	<b>2.357</b>	<b>1.363</b>	<b>1.006</b>	<b>1.144</b>	<b>1.175</b>	<b>1.505</b>	<b>28.932</b>
<b>Total hogares</b>	<b>275.008</b>	<b>110.671</b>	<b>68.178</b>	<b>36.080</b>	<b>29.572</b>	<b>33.933</b>	<b>32.840</b>	<b>118.207</b>	<b>704.489</b>

Fuente: Plan Maestro de Electrificación Rural BID. 2007.  
Elaboración: Propia.

En este caso el número de hogares promedio por localidad es de 275.008 hogares distribuidos en 18.102 comunidades que tienen una cobertura eléctrica de 0%. En este caso, el promedio de hogares por localidad es de aproximadamente 16. Esta cifra muestra el tamaño de comunidades que existen sin electrificar. Si se considera la población que tiene una cobertura entre 0 y 15%, se identifican al menos 453.857 hogares, de un total de 704.489 hogares sin electricidad en el año 2005.

<sup>21</sup> El análisis considera los datos de cobertura de electrificación rural al 2005, año para el cual se tiene una desagregación a ese nivel. Posteriormente a ese año, solamente existen datos agregados.

Esta situación permite confirmar que sin duda la electrificación rural con métodos convencionales, de extensión de red eléctrica o densificación de la red eléctrica, será cada vez más dificultosa de implementar y también más costosa. Así la forma de atender las demandas de energía de estas comunidades deberá necesariamente considerar las alternativas de energía de generación descentralizada.

## **Demandas**

Las demandas de energía en el área rural tienen al menos tres vertientes: las demandas domésticas, las comunales y las productivas.

Entre las principales demandas domésticas están: iluminación, comunicación (radio, televisión), cargado de celular, y en menor grado las de suministro de energía para algunos electrodomésticos. En el campo térmico las demandas son de calor para cocción de alimentos y calentamiento de agua.

Las demandas de tipo comunal consideran aspectos de uso social como: la iluminación de postas y escuelas, la radiocomunicación o telefonía, los sistemas de video/televisión y el bombeo de agua potable.

Las demandas productivas son variadas y dependen de la región específica. En mayor grado se necesita energía para el bombeo de agua para riego y abrevaderos de ganado, el accionamiento de molinos, la maquinaria de carpintería, los pequeños talleres metalmecánicos, la refrigeración, etc. Sin embargo, estas demandas son puntuales.

## Cuadro 5

### La demanda rural

Usos domésticos	Usos productivos	Usos sociales
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luz, comunicación, entretenimiento</li> <li>• Cocción de alimentos</li> <li>• Refrigeración de ambientes y alimentos</li> <li>• Calefacción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua para ganado</li> <li>• Accionamiento de maquinaria</li> <li>• Servicios de turismo y hotelería</li> <li>• Comunicación</li> <li>• Transformación de alimentos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Electrificación de postas y escuelas</li> <li>• Radios</li> <li>• Refrigeradores de vacunas</li> <li>• Bombeo de agua</li> <li>• Telecentros</li> </ul>

Fuente: Energía fotovoltaica en Bolivia. 2009.

Elaboración: Propia.

Como se observa en el Cuadro 5, 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 chancaca, ladrillos, no aparece como una falencia, salvo en zonas alejadas donde se presente un déficit de leña.

Justamente esas variables de dispersión geográfica y reducidos grupos poblacionales con niveles altos de aislamiento hacen que las energías renovables representen una solución a las demandas energéticas de estas comunidades.

**POTENCIAL DE  
ENERGÍAS RENOVABLES  
Y TECNOLOGÍAS  
DISPONIBLES**



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 1990<sup>22</sup>, 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.

## **Potencial de energía solar**

En Bolivia las regiones del altiplano y de los valles interandinos reciben una alta tasa de radiación solar; entre 5 y 6 kWh/m<sup>2</sup>día<sup>23</sup>, 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/m<sup>2</sup>día<sup>24</sup>. Esta energía es suficiente para proporcionar diariamente 220 Wh/día<sup>25</sup> de energía eléctrica a través de un panel fotovoltaico de 50 Wp<sup>26</sup>.

---

22 Planificación Energética Rural para Bolivia. MEH. 1990.

23 kWh/m<sup>2</sup> día: kilovatios hora por metro cuadrado al día.

24 Proyecto Inti K'anchay. Energética. 1994.

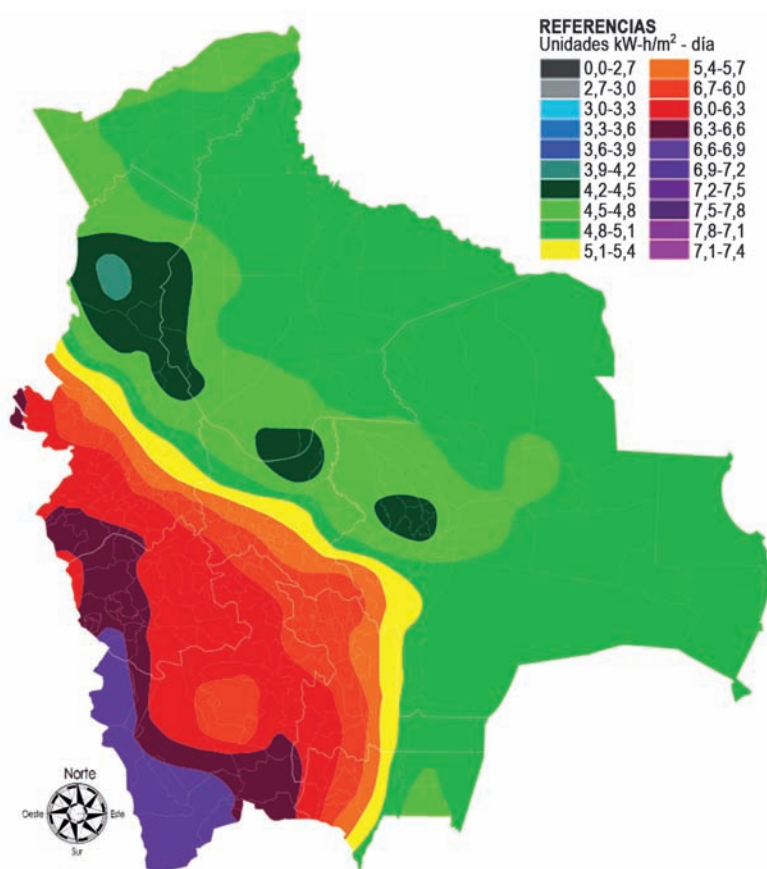
25 Wh/día: vatios por día.

26 Wp: vatio pico.

Se puede observar (Gráfico 9) que 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.

**Gráfico 9**

**Mapa de radiación solar media anual para Bolivia (kWh/m<sup>2</sup>\*día)**



Fuente: Proyecto de Energía Solar UMSS 2010.  
Elaboración: Editado y modificado por Energética.

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°. 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 nacional, 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.

Tecnológicamente no existen problemas en el aprovechamiento de la energía solar en Bolivia. Sin embargo, una de las barreras más importantes para el uso de la energía solar en electrificación rural, con sistemas fotovoltaicos o sistemas termosolares de calentamiento de agua, radica en la inversión inicial.

En el caso fotovoltaico es reconocido el hecho de que no será posible efectuar la expansión de esta tecnología sin los subsidios adecuados, por tanto se deben identificar los mejores esquemas de gestión que aseguren la sostenibilidad de los sistemas.

De igual manera, en el marco de una política más general y ampliada donde el Estado participe en la otorgación de subsidios, debe ser necesario establecer algunas reglas que permitan orientar la decisión de inversión en límites que no afecten la sostenibilidad de los proyectos.



## Potencial de energía eólica

En el país existe muy poca información sobre el potencial eólico, especialmente en relación a la ubicación, a la altura de los sensores y la 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 en alturas variables.

Por otro lado, la diversidad geográfica de Bolivia impide un conocimiento exacto del potencial eólico del país, ya que los regímenes de viento en Bolivia tienen un alto grado de variación, según posición geográfica y época del año. En general experiencias de aprovechamiento eólico se refieren a bombeo mecánico de agua y generación eléctrica de pequeña escala. Desde hace unos 15 años las áreas de instalación de bombas mecánicas multipala se ubicaron en Santa Cruz, en las colonias menonitas, 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).

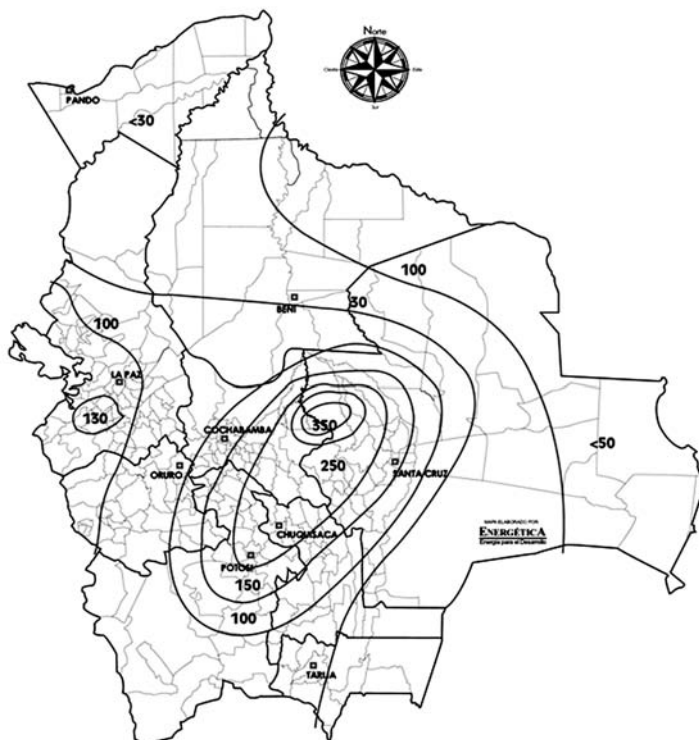
La Transportadora de Electricidad (TDE) ha elaborado, con el empleo de técnicas satelitales, un mapa eólico para Bolivia. Aunque muestra las zonas de intervención, no es concluyente en su información, por lo cual es preciso realizar mediciones e inspecciones *in-situ* antes de avalar un proyecto eólico como tal.

Se puede observar el potencial eólico de Bolivia en valores indicativos de  $W/m^2$ <sup>27</sup> en el siguiente mapa<sup>28</sup> (Gráfico 10). 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  $232 W/m^2$ ).

<sup>27</sup>  $W/m^2$ : vatio por metro cuadrado.

<sup>28</sup> Planificación Energética Rural para Bolivia. MEH. Gernot Ruths. 1990.

**Gráfico 10**  
**Áreas de potencial eólico en Bolivia**



Fuente: Planificación Energética Rural para Bolivia. MEH. 1990.  
Elaboración: Energética.

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

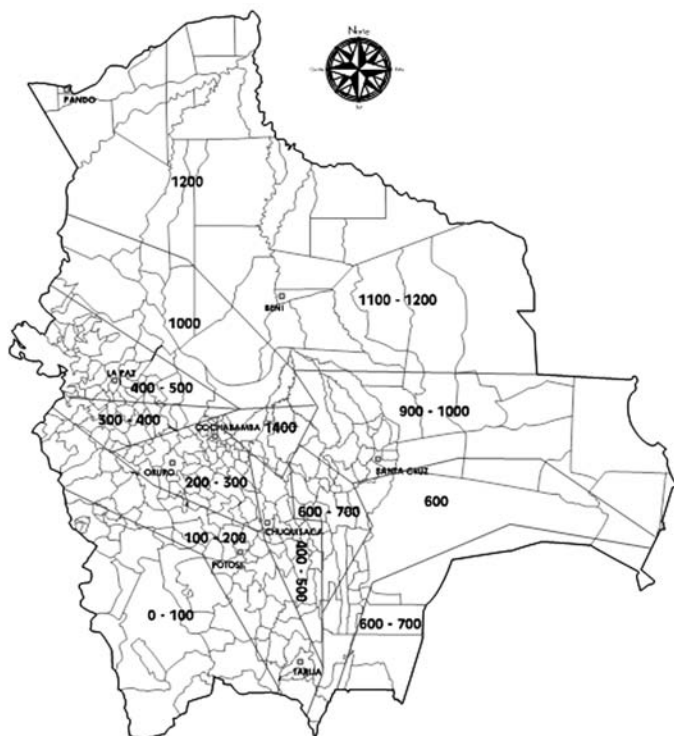
Otra barrera consiste en la falta de información sobre las ventajas de la tecnología por parte de los proveedores y/o fabricantes, así como la instalación de sistemas piloto que

muestran en campo los beneficios que se pueden prestar y que ayudarían a difundir la tecnología.

## Potencial de energía biomasa

La productividad de biomasa forestal se aprecia en el siguiente mapa (Gráfico 11). Como se puede observar, el potencial más alto está en el norte del país, donde también existe la mayor demanda de diésel para generación de energía.

**Gráfico 11**  
**Productividad anual de biomasa en Bolivia (m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/año)**



Fuente: Planificación Energética Rural para Bolivia. MEH. 1990.  
Elaboración: Energética.

Las barreras para el aprovechamiento de la biomasa, 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.

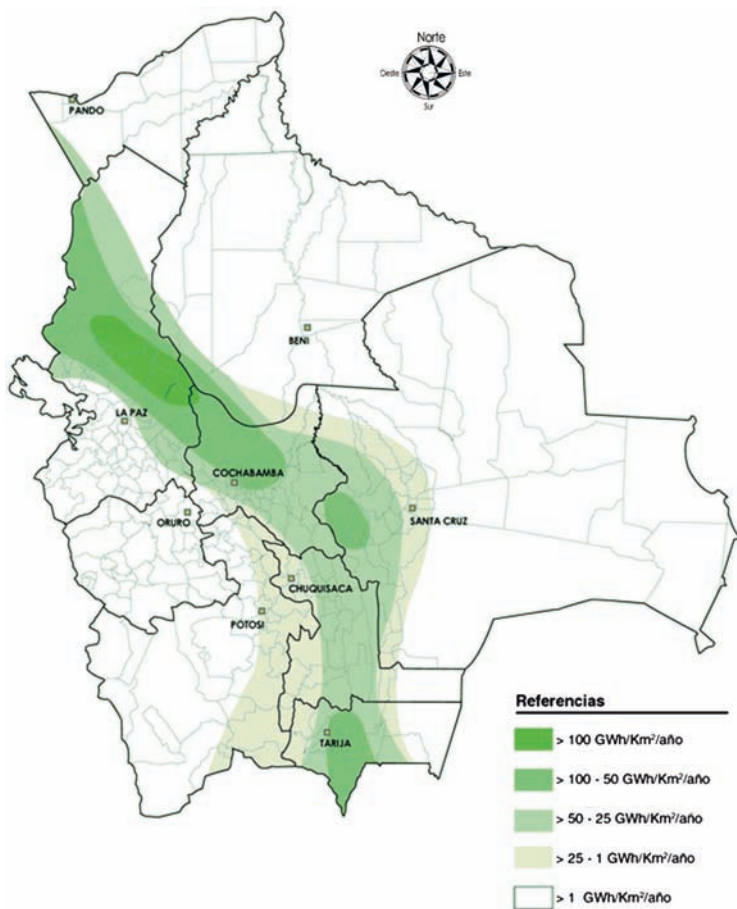
## **Potencial de micro hidroenergía**

Bolivia tiene un importante potencial hidroeléctrico, del cual apenas el 3% (460 MW<sup>29</sup>) se encuentra en actual explotación. Sin embargo, con esa reducida cantidad se genera el 40% de la energía eléctrica que se consume en el país, cubriendo el 8% de la demanda nacional de energía. El potencial hidráulico ha sido evaluado en el estudio de Planificación Energética Rural para Bolivia (Ministerio de Energía e Hidrocarburos [MEH], 1990). A continuación se muestra un mapa que resume estos hallazgos (Gráfico 12).

---

29 MW: megavatios.

**Gráfico 12**  
**Potencial hidroeléctrico en Bolivia (GWh/Km<sup>2</sup>/año)**



Fuente: Planificación Energética Rural para Bolivia. MEH. 1990.  
 Elaboración: Energética.

El estudio de Ruths indica que para áreas con un potencial específico superior a 100 GWh/km<sup>2</sup>/año<sup>30</sup>, los costos de inversión media en Micro Centrales Hidroeléctricas (MCH) –sin in-  
 30 Gwh/km<sup>2</sup>/año: gigavatio hora por kilómetro cuadrado por año.

cluir líneas de transmisión– pueden estar en 1.000 \$us/kW, con costos de energía entre 5 y 10 ctv. \$us/kWh. En áreas con potencial de 50 a 25 GWh/km<sup>2</sup>/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/km<sup>2</sup>/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 la zona de la cordillera.

### **Tecnologías de Energías Renovables disponibles**

Antes de realizar un inventario tecnológico de soluciones, es preciso definir cuáles son las tecnologías disponibles en el país para una aplicación segura, confiable y económica.

Así, se define como tecnologías de ER disponibles a aquellas que tengan presencia localmente en aspectos como:

- 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, con la tecnología 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 recambios.
- Existencia de experiencias de aplicación locales positivas a nivel experimental y difusión aunque sea a pequeña escala.

Básicamente se pueden definir como tecnologías disponibles localmente a aquellas que habrían tenido un cierto recorrido en la curva de aprendizaje<sup>31</sup> y de introducción de tecnología<sup>32</sup>.

Estas restricciones hacen 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 generar expectativas que no se cumplan con los grupos carentes de energía.

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

- a) Los sistemas fotovoltaicos, que convierten la radiación solar directamente en electricidad de corriente continua de 12 V<sup>33</sup>, la cual, si se desea, podría ser transformada en electricidad de 220 V. 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 los sistemas fotovoltaicos, su utilización está focalizada en usos que requieren pequeñas cantidades de energía pero de manera confiable y segura. Al momento se estima que existen unas 30.000 unidades instaladas en diferentes aplicaciones (viviendas, escuelas, postas, bombas de agua, telecentros, etc.).

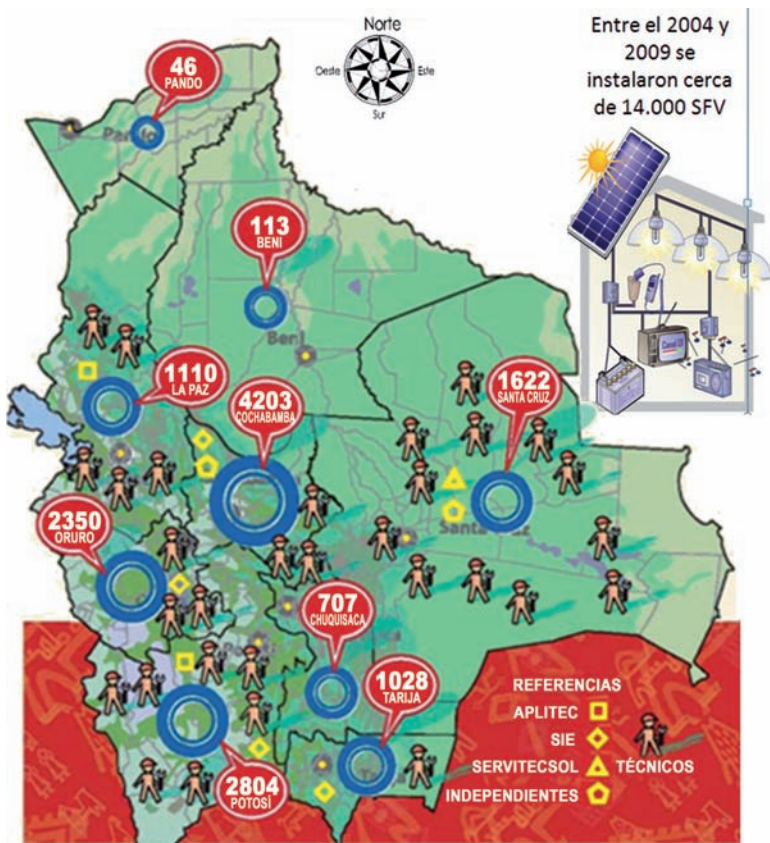
---

31 La curva de aprendizaje representa la mejora que se obtiene en un aspecto determinado en función de la mayor práctica que se logra como resultado de la experiencia. En la medida que se tiene una práctica más amplia y difundida con una tecnología, se puede esperar costos unitarios menores, menor cantidad de fallas, incrementar la productividad, etc.

32 La adopción de una nueva tecnología supone períodos de tiempo que se deben vencer inicialmente antes de lograr una popularización de la misma. Mientras más desconocida sea la tecnología, más se retrasará su penetración en la sociedad.

33 V: voltios.

**Gráfico 13**  
**Sistemas fotovoltaicos instalados en proyectos de Energética**



Fuente: Energía Fotovoltaica en Bolivia.  
 Elaboración: Energética.

- b) Las Micro Centrales Hidroeléctricas (MCH), que aprovechan los caudales de agua existentes y los desniveles geográficos y que poseen como máximo un embalse de regulación diaria, permiten generar electricidad con mínimos impactos ambientales. Aquí la tecnología es disponible y manejable localmente. Al momento existen más de 50 MCH en ope-



- ración, que sirven aproximadamente a 6.000 familias y que tienen potencias instaladas de entre 30 kW<sup>34</sup> y 200kW.
- c) Los sistemas termosolares, que convierten la radiación solar directamente en calor y usan el efecto invernadero, normalmente se utilizan para calentar agua. La tecnología es disponible a través de microempresas y su construcción es completamente local. Actualmente se instalan aproximadamente 400 unidades/año y se estima que existen más de 3.000 unidades instaladas y en funcionamiento.
  - d) Los secadores solares para alimentos, que aprovechan el efecto invernadero para generar calor, se pueden utilizar ampliamente en el deshidratado de diferentes productos que requieran conservación. En este caso la tecnología también está disponible a través de microempresas y su construcción es completamente local. Esta tecnología ha sido utilizada por varias empresas campesinas, para las que su empleo ha sido decisivo para lograr importantes niveles de productividad.
  - e) Los aerogeneradores de pequeña potencia (de hasta 10 kW). El equipo central de generación de electricidad es importado pero los elementos, como las torres, la instalación, la operación y el mantenimiento, están disponibles en el ámbito nacional. Las instalaciones actuales casi llegan al centenar y tienen una potencia de entre 200 W y 400 W.
  - f) Las cocinas eficientes de leña, con modelos que van desde la autoconstrucción hasta la disponibilidad de cocinas metálicas con quemadores cerámicos. El manejo de la tecnología y el conocimiento es completamente local. Ya se han implementado varios miles de unidades.
  - g) Los biodigestores, que con una nueva tecnología basada en el uso de plásticos, han bajado sustancialmente de costos y han iniciado un proceso de difusión que permite prever un uso amplio, a medio camino entre la producción de energía y la producción de biofertilizantes; además esta tecnología

---

34 kW: kilovatio.

es 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. Sólo durante el año 2009 se han instalado casi medio millar de unidades domésticas.

Otras opciones con potencial pero aún no desarrolladas completamente son:

- a) Las tecnologías de aprovechamiento de la biomasa para generar electricidad, ya sea a través de gasificadores o *pelets*. En Bolivia estas tecnologías aún se encuentran en etapa de experimentación y de adaptación local, sin embargo, en un futuro cercano estarán disponibles.
- b) Los biocombustibles, como aplicación a gran escala, no generan un cambio sustancial en la matriz energética, sino que más bien la vuelven más inestable porque la ecuación de producción-uso de la energía vs. eficiencia de conversión es completamente desfavorable al medio ambiente y a la producción de alimentos, y generará aún más presión sobre los más pobres. Sin embargo, en la perspectiva de su utilización por comunidades rurales aisladas, una posible aplicación de biocombustibles debería estar prioritariamente orientada a la escala local y para la atención de demandas energéticas aisladas, dispersas, bajo la forma de producción de aceite vegetal que sirva como combustible directamente (y no producción de biodiésel o etanol)<sup>35</sup>.

En general las tecnologías de energías renovables tienen un alto costo de inversión, mientras que los costos de operación y mantenimiento son prácticamente nulos. A continuación se exponen algunos datos referidos a experiencias recientes en el país:

---

35 Toda vez que existe tecnología que permite usar bioaceites de manera directa en motores.

- a) Para MCH, la referencia asumida es un promedio de costos de proyectos que considera generación, transmisión en media tensión y distribución en baja tensión. Este costo por kW instalado de una MCH puede alcanzar entre \$us 2.500 y \$us 3.000. La referencia para su implementación en electrificación rural debería ser el costo de la extensión de red, que actualmente asciende a 1.200 \$us/usuario.
- b) El costo asumido para sistemas fotovoltaicos de 50 Wp<sup>36</sup> es de \$us 850 como hardware. En este caso el costo incorpora el equipo, la operación, el mantenimiento, la capacitación y el seguimiento a los sistemas por 1 o 2 años. Otras aplicaciones como bombeo de agua, telecentros, sistemas para albergues de turismo, etc., son fácilmente accesibles y las empresas del rubro pueden cotizar de manera exacta.
- c) Los sistemas termosolares para calentamiento de agua tienen diferentes precios en función de la tecnología. Sin embargo un sistema de 200 litros de capacidad destinado al uso familiar puede tener aproximadamente un costo de equipo de \$us 1400<sup>37</sup> y una vida útil de al menos 15 años.
- d) Los sistemas eólicos de uso familiar, con potencias de hasta de 400 W, pueden tener un costo de aproximadamente \$us 950 por unidad. Algunas decenas de estos sistemas ya han sido instalados en el país y se está monitoreando su desempeño<sup>38</sup>.
- e) Las cocinas eficientes de combustión de biomasa a nivel familiar. Tendría un costo que oscilaría entre los \$us 60 y \$us 100 por cada familia. En este caso el costo no sólo incorpora la tecnología, sino también las tareas de instalación, transporte, capacitación y seguimiento a nivel comunal, si bien el precio varía en función de los tipos de materiales que se utilicen.

---

36 Corresponde al tamaño de sistemas más utilizado en Bolivia. Se estima que más del 90% de los sistemas fotovoltaicos domiciliarios instalados en el país, corresponden a esa potencia. Energética, 2009.

37 Datos proporcionados por Sicosol y recolectados [www.energetica.org.bo/elsol](http://www.energetica.org.bo/elsol)

38 Datos proporcionados por la empresa SIE S.A. [www.sie-sa.com](http://www.sie-sa.com)

- f) Los biodigestores de plástico. El costo de estos equipos viene determinado por la capacidad de almacenamiento. Un equipo básico construido para una capacidad de 15 m<sup>3</sup> puede tener un costo de aproximadamente \$us 350<sup>39</sup>.

Como se observa, a pesar de las limitaciones que pueden tener las ER para la generación de electricidad, estas se encuentran ya en un nivel competitivo de inversión respecto a la extensión de la red. Sin embargo, continúa existiendo una limitante en el acceso a la energía por parte de las comunidades rurales, pues la capacidad de pago de estas familias es limitada.

---

38 Datos proporcionados por Tecatelma, empresa productora de biodigestores.2009.



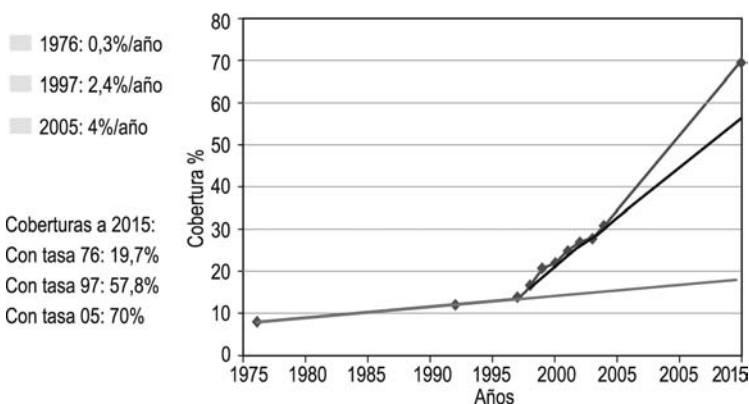
**DESAFÍOS PARA  
LA INTRODUCCIÓN  
DE ENERGÍAS  
RENOVABLES**



## Metas de cobertura

A partir del año 2005 se relanzan los proyectos de electrificación rural con una tasa del 4% por año. Con esto se prevé llegar en el año 2015 a una cobertura del 70%, lo cual significa casi duplicar los esfuerzos realizados hasta el 2005 (Gráfico 14).

**Gráfico 14**  
**Desafíos para la electrificación rural**



Fuente: Datos del VMEEAT. 2005.

Elaboración: Adaptado de Energías Renovables y Cambio Climático.



Para el año 2007 se estimó que casi 3 millones de habitantes rurales de Bolivia (unos 500.000 hogares) no tenían acceso a la energía eléctrica, y muchos de ellos a ningún tipo de energía comercial. De estos, cerca de 200.000 radican en localidades donde presumiblemente existe infraestructura eléctrica y, por tanto, su conexión corresponde a un proceso de densificación del servicio ya establecido.

Se estima que unos 200.000 hogares rurales puedan ser atendidos mediante la utilización de ER descentralizadas (fundamentalmente sistemas fotovoltaicos o pequeños aerogeneradores) y que unos 100.000 hogares puedan ser atendidos con sistemas aislados de mini redes con diversas fuentes (diésel, energía hidráulica, biomasa, sistemas híbridos, etc.).

Es decir, de los 3 millones de habitantes rurales, la red quizás llegue a cubrir un 30% para el abastecimiento de electricidad. Así un 70% de la población tendría como alternativa que las ER les provean de electricidad o recurrir a generadores a gasolina o diésel. Adicionalmente, en las demandas térmicas para cocción de alimentos, 600.000 hogares que usan fogones de leña podrían optar por cocinas eficientes de leña.

En este contexto se puede afirmar que el desafío para las ER consiste en abastecer con energía a casi 2 millones de personas en los próximos años. De esta forma, la necesidad de impulsar los usos productivos de la energía y de fortalecer los servicios sociales y comunales únicamente será posible si existe un suministro confiable, seguro y económico de la energía. Sólo así la energía se convertirá en un factor que genere desarrollo.

## Cuantificación por tecnología seleccionada

Disgregando este relevamiento por tecnología<sup>40</sup>, un escenario de introducción y los posibles impactos podría ser el siguiente (Cuadro 6):

**Cuadro 6**  
**Escenario de introducción de Energías Renovables**

Tecnología	Impacto: desplaza o sustituye	Observaciones
Al menos 150.000 sistemas fotovoltaicos domésticos	2,4 millones de litros de diésel/año (mecheros) 12 millones/año de velas 300.000/GLP año (lámparas a GLP) 4,8 millones de pilas/año (uso en radio/linterna)	Instalaciones fundamentalmente domésticas y sociales de pequeña potencia
Al menos 1.100 sistemas de bombeo fotovoltaicos comunales	6,6 millones litros de diésel/año	Instalaciones en comunidades semi nucleadas para el abastecimiento de agua potable y abrevaderos de ganado
500.000 cocinas eficientes de leña	1 millón de t de madera/año	Sustitución de fogones tradicionales de leña
50.000 biodigestores	215.000 t de CO <sub>2</sub> /año	Instalación en las zonas con potencial ganadero
300 MCH	4,5 millones de litros diésel/año	En regiones de la cordillera con alto potencial hidroeléctrico. Posible interconexión a la red
2.500 aerogeneradores	60.000 litros diésel/año 300.000 velas/año	Sistemas aislados para abastecimiento doméstico y social prioritariamente.
4.000 sistemas termosolares (sociales)	4.241 t de CO <sub>2</sub> /año	Sistemas de uso social en escuelas y postas en comunidades aisladas para provisión de agua caliente para uso sanitario
1.000 sistemas híbridos en el norte del país	15 millones de litros diésel/año	Sistemas de microredes que funcionan con diesel y serían sustituidos por aceite vegetal en combinación con solar/hidro

Fuente: Energías Renovables y Cambio Climático.

Elaboración: Propia.

<sup>40</sup> Se consideran varios estudios y datos disponibles en talleres nacionales e internacionales en [www.elecsolrural.org](http://www.elecsolrural.org), [www.crecerconenergia.net](http://www.crecerconenergia.net), [www.idtr.gov.bo](http://www.idtr.gov.bo), así como información del estudio Agua Limpia con Energía Limpia IEE; presentaciones taller Mejora del acceso a la energía en comunidades rurales, Plan Electricidad para Vivir con Dignidad, Plan de ENDE 2009, etc.

Una primera aproximación a la cifra de inversiones demandadas para cubrir la demanda identificada podría estar entre \$us 390 y 450 millones, para atender la demanda energética rural aislada de aproximadamente 300.000 hogares con ER.

El período de tiempo para la ejecución de un plan de este tipo, dado el punto inicial de partida, estaría entre 10 y 15 años. De esta manera se llegaría a la universalización en el acceso a la electricidad en el año 2025 y a cumplir las metas intermedias del año 2015 (70% de cobertura).

### **Mejoramiento tecnológico**

La implementación en gran escala de las ER exigirá un mejoramiento técnico de algunas de las tecnologías disponibles en este momento, por ejemplo:

- En 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.
- En el caso de la tecnología fotovoltaica, la misma está ampliamente difundida y asentada en el país, con una producción local y de exportación en componentes electrónicos y baterías. Sin embargo, aún es necesario avanzar en aplicaciones más específicas y de índole productiva, como accionamiento de pequeña maquinaria, telecomunicaciones, bombeo de agua, etc., a manera de diversificar los usos potenciales de esta tecnología.
- En el área de las MCH se debería trabajar prioritariamente en la prospección de lugares potenciales para su instalación, pues los componentes, la ingeniería y el *know how* son ampliamente conocidos en el país. Un área aún sin explorar es la de las pico centrales, pues aparte de algunas instalaciones piloto, aún no se conoce las barreras que existen para poder iniciar una difusión a gran escala de esta tecnología de uso individual, y que podría ser una

alternativa a los sistemas fotovoltaicos en los casos de uso familiar.

- La energía eólica sigue siendo la menos explotada hasta el momento, tanto por la falta de conocimiento del potencial real en el país, como también por la carencia de una oferta activa en este 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 el tener mediciones exactas posibilita su aplicación y, a nivel general, el impulso que reciben solamente los grandes parques eólicos de varios MW de potencia.

## **Generar sostenibilidad de los servicios**

Más allá de cómo lleguen las tecnologías a los usuarios, es decir, del acceso, existe la necesidad de hacer sostenible su utilización en el tiempo.

De contar con una participación decidida del Estado en la electrificación rural con energías renovables, será posible superar la barrera de los altos costos de inversión inicial. Así las tecnologías de energías renovables (sistemas fotovoltaicos, cocinas de leña, microcentrales, aerogeneradores etc.) llegarán a los usuarios<sup>41</sup>. La siguiente fase es la de asegurar el funcionamiento futuro de estos sistemas.

Ya sea que la responsabilidad del funcionamiento de estos sistemas sea transferida a los usuarios finales o que la responsabilidad por la operación, el mantenimiento y la reposición de las partes de estos sistemas sea entregada a una operadora (empresa comunal de energía, cooperativa o empresas distribuidoras), se necesita asegurar flujos de recursos para este

---

40 La barrera de los altos costos de inversión podría superarse a través de mecanismos de subsidios parciales como los que actualmente se utilizan u otros.

propósito y una presencia de técnicos locales efectivos en el campo<sup>42</sup>.

De esta forma el apoyar al desarrollo de microempresas cuyo eje de acción sea la prestación de servicios energéticos se identifica como una oportunidad. Estas microempresas podrán sustentar los servicios de mantenimiento y de reposiciones pequeñas que se tienen, por ejemplo de postas y escuelas; pero también ofertar accesorios, repuestos, partes y complementos de los que no se dispone actualmente en la zona. Su accionar puede ser parte de los servicios que preste a una operadora o directamente a los propios usuarios.

Por ejemplo, en el caso de los sistemas fotovoltaicos esto significa iniciar un trabajo sobre la base de técnicos locales a quienes se debe ir capacitando paulatinamente en la prestación de servicios bajo un enfoque de microempresa, el mismo que implique el apoyo para la ampliación de su oferta, acceso a capital de operaciones, etc. Se puede pensar en aplicar la misma situación para la distribución de las cocinas de leña, los biodigestores, los aerogeneradores, etc.

Para el caso de sistemas centralizados, como las MCH o mini redes de sistemas híbridos, la sostenibilidad pasa por tener operadores y entes gestores capacitados en la prestación del servicio. Así es necesario prestar un soporte técnico que permita formar operadores locales donde el cálculo de las tarifas, los aspectos administrativos y técnicos, que garanticen un manejo integral adecuado de estos sistemas y otros temas de gestión, aseguren que la gestión de los sistemas sea realizada de manera integral y sostenible.

---

42 Experiencias en las que las distribuidoras colocaron su propio personal y estructura para administrar sistemas fotovoltaicos de electrificación rural, por ejemplo, concluyeron con un fracaso, con la lección de que una gestión local podría haber salvado esos proyectos.

## Usos productivos

Otro desafío pendiente es el desarrollo de los usos productivos. Como ejemplo, una experiencia importante ha sido el proyecto de apoyo a los productores de camélidos que se desarrolló el año 2007 para la introducción de esquiladoras eléctricas, en el cual se combinaron dos esfuerzos: el proyecto de electrificación fotovoltaica IDTR<sup>43</sup> del gobierno y una iniciativa de apoyo a usos productivos liderada por Energética-EASE. De alguna manera, la ejecución de ese proyecto ha permitido focalizar la atención “con energía” a más de dos centenas de productores e identificar nuevas oportunidades para otros usos productivos como hiladoras, bombeo de agua, cercas eléctricas para manejo de pastos, etc.

Otra experiencia realizada durante el período 2006-2007 en la región del salar de Uyuni muestra a varias decenas de albergues turísticos que han introducido componentes de energías renovables, particularmente sistemas fotovoltaicos, cocinas eficientes de leña y sistemas termosolares, utilizando un esquema de subsidios parciales y microcrédito, en el marco del proyecto de apoyo al ecoturismo con energías renovables. Esta innovación ha representado un ahorro de hasta un 57% en los gastos en energía que tenían los albergues y, por otro lado, han permitido que debido a la prestación de un mejor servicio (luz, agua caliente, recarga de baterías de cámaras fotográficas, etc.), las tarifas de alojamiento den un salto de 20 Bs/noche a 60 Bs/noche u 80 Bs/noche<sup>44</sup>, generando un incremento tangible en sus ingresos.

También se puede mencionar otros proyectos, como el de electrificación fotovoltaica del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo/Fondo Mundial para el Medio Ambiente (PNUD/GEF). Este proyecto ha identificado múltiples oportu-

---

43 IDTR: Proyecto de Infraestructura Descentralizada para la Transformación Rural.

44 Informe final. Proyecto Desarrollo del Ecoturismo en Áreas Naturales Protegidas con Energías Renovables. ISF-Energética. 2007.

nidades para dinamizar el uso productivo de la energía<sup>45</sup>, donde se muestran posibilidades reales de impulso a estas iniciativas, ratificando que las oportunidades son puntuales, específicas y diversas, pero existen algunas en cada comunidad.

Entre los años 2008 y 2009 se han instalado varios sistemas de transformación de lana de camélidos en los municipios de Morochata y Quillacollo en Cochabamba, energizados completamente con sistemas fotovoltaicos, los cuales contemplan hiladoras, ovilladoras, enconadoras, etc. en el marco de un proyecto con apoyo de la Unión Europea<sup>46</sup>.

En resumen, el concepto de fondo consiste en que la única manera de luchar contra la pobreza es generando riqueza, y para esto se debe atacar el problema de incrementar los ingresos de los pobres.

Si se desarrollan modelos para el acceso (en lo tecnológico y financiero, coordinando con los proyectos que apoyarán estos rubros), se estarán orientando futuras acciones, buscando la sostenibilidad y la generación de ingresos.

## **Beneficios ambientales de las Energías Renovables para las comunidades**

En el nuevo contexto de aceptación global de los peligros que conlleva el cambio climático –aceptado ya globalmente– en el sector energético, el uso de las ER es la posibilidad más viable de minimizar los impactos a largo plazo, contribuyendo a la reducción de los niveles de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la atmósfera.

Las comunidades rurales pueden introducir para su empleo pequeños generadores eólicos; paneles fotovoltaicos para uso familiar, social o comunal; MCH y otras tecnologías, como los

---

45 Informe Proyecto PNUD-GEF. VMEEA, 2008.

46 Informe final del Proyecto Inti K'anchay Ayopaya. Energética. 2009.

sistemas termosolares para calentar agua, los biodigestores, e inclusive el uso de cocinas eficientes de leña. Esta dinámica puede implementarse en todas las regiones donde actualmente se usan como fuentes de energía pilas, velas, mecheros y generadores a diésel, así como leña y fogones tradicionales para cocinar.

En el país existen experiencias de aplicación y uso de las ER, sobre todo de manera aislada, pues se ha priorizado el abastecimiento rural con estas energías, considerando que los energéticos convencionales como la red eléctrica, el GLP y el GN no llegan a esas poblaciones.

En este momento hay poco más de 14.000 instalaciones fotovoltaicas en hogares rurales<sup>47</sup> escuelas y postas sanitarias, los cuales están en operación y con seguimiento continuo. Existen más de medio centenar de MCH que funcionan en igual número de comunidades con una potencia entre 30 kW y 100 kW que benefician a poco más de 6.000 familias. Cientos de biodigestores y ya algunos miles de cocinas de leña eficientes<sup>48</sup>. En el área urbana existen poco más de 3.000 sistemas termosolares familiares<sup>49</sup> y en el área rural también ya se ven algunas centenas de sistemas termosolares, sobre todo en escuelas y en postas sanitarias.

Ahora bien, cuando una familia rural utiliza un sistema fotovoltaico para generar electricidad, una cocina eficiente de leña o un biodigestor, o una comunidad utiliza electricidad que proviene de una MCH, se contribuye decisivamente a la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> y a minimizar el cambio climático, generando un impacto ambiental positivo.

Adicionalmente, estas reducciones de CO<sub>2</sub> tienen un valor agregado cualitativo importante, porque provienen de

<sup>47</sup> [www.energetica.org.bo/energetica/pdf/publicaciones/ease6pf.pdf](http://www.energetica.org.bo/energetica/pdf/publicaciones/ease6pf.pdf)

<sup>48</sup> [www.endev-bolivia.org/gtz2/index.php?option=com\\_content&view=article&id=51&Itemid=64](http://www.endev-bolivia.org/gtz2/index.php?option=com_content&view=article&id=51&Itemid=64)

<sup>49</sup> [www.energetica.org.bo/elsol](http://www.energetica.org.bo/elsol)



familias campesinas dispersas, aisladas, pobres y culturalmente respetuosas con el medio ambiente. Es decir, un sector social marginado contribuye al bienestar global. El esfuerzo económico realizado por estas familias para usar estas fuentes de energía renovable representa con mucho un esfuerzo más grande sobre su propia economía, que el que realiza por ejemplo una empresa para incorporar una tecnología más limpia<sup>50</sup>. En contraposición a esa situación, el CO<sub>2</sub> reducido por estas familias podría recibir el nombre de “carbono social”.

En términos cualitativos seguramente 1 tonelada (t) de “carbono social” que proviene del uso de ER a nivel familiar y comunal tiene más riqueza intrínseca que los Certificados de Reducción de Emisiones (CER) de una turbina de gas que desplaza a un generador a diésel, aunque físicamente tengan el mismo volumen.

Sin embargo, bajo las actuales reglas del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), estas familias no reciben ninguna compensación por estas reducciones de emisiones de CO<sub>2</sub>.

La baja potencia de estas instalaciones, así como su dispersión y diversidad, hacen que en la lógica actual estas iniciativas no sean susceptibles de valoración y certificación de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> utilizando los mecanismos convencionales. Pretender aplicar el MDL a estos proyectos representa una serie de complicaciones administrativas, de gestión y costos de transacción prohibitivos, que inhabilitan el inicio siquiera de la certificación. Sólo como dato, pretender certificar la reducción de emisiones de 10.000 sistemas fotovoltaicos familiares no es atractivo para los actores en este proceso, pues considerando la venta de las emisiones reducidas no permitiría cubrir los costos de transacción del proceso.

---

50 Normalmente basado en un flujo de caja positivo rentable.

Sin embargo, si efectivamente se lograse incorporar estas reducciones de emisiones en un mercado de carbono, y estos recursos llegasen a las familias campesinas, las mismas podrían recibir desde 20 \$us/año (para el caso de los sistemas fotovoltaicos), hasta 80 \$us/año (para el caso de los biodigestores), lo que perfectamente permitiría solventar gastos de visitas técnicas, operación y mantenimiento de estos sistemas<sup>51</sup>.

Estos ingresos, estimados con costo de 10 €/t CO<sub>2</sub>, podrían incrementarse en la medida que los precios de las emisiones reducidas de CO<sub>2</sub> sean más favorable hacia los reductores de emisiones y no especulativos<sup>52</sup> como son ahora.

Adicionalmente a las tareas de asistencia técnica, operación y mantenimiento, se podría efectuar el monitoreo de cada sistema para verificar el cumplimiento de reducciones de CO<sub>2</sub>. En estos casos habría que verificar todas las instalaciones individualmente de manera que se tenga constancia de la reducción efectiva. La multiplicidad de actores con los que hay que interactuar para lograr esto hace que se deba tener una logística para este fin así como los medios necesarios, sin embargo contando, por ejemplo, con técnicos locales, esta situación deja de ser complicada.

En todo caso, el desafío es imaginar y construir los mecanismos necesarios para rescatar el valor de las reducciones de emisiones que ahora mismo realizan las comunidades rurales con ER.

---

51 Hacia un MDL con Equidad y de Carbono Social. Fernández, M. Energética Abril, 2010.

52 Por ejemplo en varios sectores de la industria de países desarrollados reducir una tonelada de CO<sub>2</sub> en este momento puede costar en € 60 y € 80. Sin embargo, por los mecanismos existentes estas industrias pueden comprar certificados de reducción de emisiones en países en desarrollo en precios que oscilan entre € 5 y € 6 y anotarlas como propias.



# **EL ACCESO A LA ENERGÍA**



### **Mecanismos de acceso actuales<sup>53</sup>**

El acceso a la energía en el área rural en Bolivia, hasta el momento, al igual que en la mayoría de los países, todavía está basado en la utilización de mecanismos de mercado –de eficiencia discutible, sobre todo en el área rural– los cuales deberían ser cambiados, al declararse en la nueva Carta Magna aprobada que el acceso de la población a los servicios básicos, como la electricidad, es una obligación del Estado. Esta situación marcará un viraje en la política de electrificación rural, aunque de momento es más conceptual que práctico, pues no se visualizan los modelos bajos los cuales se procederá a hacer universal el acceso a la energía.

En la práctica, los permanentes reclamos de las poblaciones rurales realizados al Estado para que cumpla su responsabilidad de lograr un abastecimiento en el área rural, se ha expresado en un crecimiento de las tasas de conexión.

A través de las prefecturas, los gobiernos municipales, los ministerios, las agencias de desarrollo y cooperación, se ha

---

<sup>53</sup> Desafíos para las energías renovables en el área rural de Bolivia. Boletín Ecodes N° 79, febrero 2009. Fundación Ecología y Desarrollo. España, febrero de 2009.

logrado paulatinamente incrementar el número de personas que tienen acceso a la electricidad en el área rural, estableciéndose ya algunas formas para desarrollar la electrificación rural:

- En la extensión de redes (media y baja tensión), prácticamente el 100% de la inversión es realizada por el Estado (a excepción de la conexión interna).
- En los sistemas fotovoltaicos, hasta el momento el esquema más exitoso hace que el usuario se convierta en propietario del sistema. El acceso se facilita utilizando un mecanismo que combina subsidio y microcrédito, donde el subsidio se encuentra entre un 40% y 60% del costo total del sistema<sup>54</sup> para aplicaciones de entre 20 Wp y 75 Wp.
- Los proyectos de MCH normalmente cuentan con un subsidio que oscila entre el 70% y el 80% del costo total<sup>55</sup>. El aporte de los usuarios se traduce en días de trabajo para el desempeño de diversas actividades, como excavar canales, realizar el movimiento de tierras, y mano de obra para construcciones simples, etc.
- Otras tecnologías, como por ejemplo cocinas de leña eficientes, reciben actualmente un subsidio de entre el 35% y el 50% de los costos del *hardware*. Los sistemas termosolares están recibiendo entre el 60% y el 75% de subsidio para el caso de aplicaciones productivas y sociales (agua caliente para albergues de turismo, escuelas, postas sanitarias, etc.).
- En el caso de las infraestructuras de uso social como postas sanitarias, escuelas, sistemas de agua potable, telecentros, etc. donde se instalan sistemas fotovoltaicos, sistemas termosolares, bombas fotovoltaicas de agua, etc.,

---

54 Incluye equipos, transporte, instalación, capacitación y, servicios postventa por 2 a 4 años.

55 Potencias entre 30 kW y 100 kW, incluye redes, líneas, sub estaciones, obras civiles y mecánicas.

normalmente los aportes locales (del municipio) pueden estar en el orden del 20% al 30%, eso significa que el resto de los recursos son provistos por otras fuentes que no son los usuarios. En estos casos normalmente es la cooperación, a través de sus proyectos, o el gobierno, a través de programas específicos, quienes financian los costos restantes.

Entonces, se puede decir que en Bolivia el acceso a la energía en las comunidades rurales tiene las siguientes características:

- a) La posibilidad de acceder a la energía está mediada por la existencia de proyectos específicos en cada caso. Sin importar la tecnología o los grupos meta, es imprescindible diseñar un proyecto y negociarlo.
- b) Hasta ahora los proyectos, en su mayor cantidad, han sido preparados o impulsados por organizaciones que trabajan de cerca con las comunidades, la propia cooperación internacional y los gobiernos municipales. Esto ha servido para que el gobierno eventualmente retome y agrupe una serie de proyectos en uno mayor y canalice su financiamiento.
- c) La consecución de recursos para cada proyecto es una negociación específica y puntual. No existe una fuente permanente de recursos. En cada caso se depende de las autoridades en funciones, de la cooperación y de la importancia que pueda revestir el proyecto. Por tanto, en un escenario de introducción de las ER, con la intención de cumplir las metas precisadas al 2015, se necesitan flujos más ordenados de recursos.
- d) En términos de barreras de inversión, está demostrado que la posibilidad de pago del costo total de estas tecnologías es imposible para las familias rurales, al menos los costos de inversión. Así, la necesidad de subsidios es aceptada y, además, reconocida en la práctica normal de los proyectos.



- e) El cofinanciamiento es una práctica establecida. Con variaciones en cuanto a la participación financiera de cada actor, siempre se tiene una contribución de los usuarios. Al otro lado estarán los financiadores, que puede ser el Estado (a través del municipio, prefectura o ministerios) y/o la cooperación internacional, proporcionando la parte gruesa de los recursos.
- f) De cara al usuario final, el mecanismo utilizado normalmente combina el subsidio (que llega de los financiadores) con el aporte propio. En función del tamaño del aporte del usuario final, se puede adicionar un componente de microcrédito, normalmente con períodos de 2 a 3 años.
- g) El rol de las comunidades y organizaciones es bastante activo como movilizadores de su demanda, participantes en la ejecución (en diferentes grados en función de la tecnología), cofinanciadores y, finalmente en todos los casos, como responsables de la sostenibilidad de sus instalaciones. Este último punto es el más débil, debido a que muchas veces los proyectos concluyen con la entrega de obras y no se hace seguimiento. Por otro lado, los problemas en las tecnologías de ER aparecen recién años más tarde, justamente cuando los proyectos concluyeron.
- h) El rol de las instituciones con presencia rural es el de intermediar entre la demanda de las comunidades y la formulación técnica de los proyectos. Otro rol es el canalizar recursos de la cooperación o de los fondos estatales, cuando existen, para la ejecución de los proyectos. Finalmente la administración durante la ejecución de los proyectos normalmente la realizan estas instituciones. La gestión, como tal, de los sistemas en su operación normal casi siempre es transferida a los usuarios de manera individual u organizada (como en el caso de las MCH) a condición de que asuman la responsabilidad del funcionamiento continuo futuro de estos equipos.

## **Barreras a superar**

Al promocionar el acceso universal a la energía como parte de los servicios básicos, el Estado deberá, en cualquiera de los mecanismos que se desarrolle, contemplar la caracterización actual del acceso, que permite inferir que las principales barreras en este momento son:

- a) Un proceso de preinversión permanente, que permita identificar las demandas con claridad y formular los proyectos de manera solvente. Este mecanismo debería estar abierto a la participación de todos los actores.
- b) Recursos para el financiamiento de los proyectos de ER de manera permanente, para no tener que negociar repetitivamente los proyectos uno por uno sino que estos entren en una línea de programas.
- c) Una participación activa del Estado, para regular los procesos de cofinanciamiento, asegurar el cumplimiento de normativas, coordinar la selección de las regiones y los tipos de tecnologías, de manera que exista un interlocutor apropiado para estos temas.
- d) La generación de mecanismos de supervisión y seguimiento más allá de la vida de los proyectos, para proveer de manera permanente asistencia técnica, capacitación y otros servicios a los usuarios.
- e) El diseño de mecanismos innovadores para rescatar las emisiones reducidas por la aplicación de ER y capitalizar estos fondos en beneficio de las comunidades.
- f) La generación de mecanismos que permitan el estudio y la ejecución de proyectos de ER con homogeneidad temática (en función de su importancia), así un programa de MCH, electrificación fotovoltaica, bombeo de agua fotovoltaico, aplicaciones productivas con ER, calentamiento de agua, etc., puede ser interesante para impulsar el desarrollo de esas tecnologías en específico, generar una masa crítica de instalaciones y producir economías de escala.

- g) La información sigue siendo una barrera. Es necesario promocionar el rol de las ER, la aplicabilidad de las mismas, la madurez de las tecnologías y sus ventajas y desventajas, de manera que al menos se incorpore este tipo de energías como un elemento de análisis y una alternativa a considerar.
- h) En el campo de los recursos humanos, los que trabajan hasta ahora en este ámbito son aún pocos en relación a los desafíos que se tienen que gestionar. Pero por otro lado, muchos de los tomadores de decisión no conocen las ER, sus detalles y características. A veces la barrera más grande para introducir las ER son los preconceptos de estos profesionales, que desestiman de antemano las alternativas de ER como solución válida.
- i) Finalmente, es importante asegurar la calidad de las ER 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” y “bajos costos de mantenimiento”.

# **REFLEXIONES FINALES**



Para lograr vencer los desafíos planteados son necesarias, sin embargo, algunas condiciones tales como las que se exponen a continuación.

Cuando se habla de que la gente tenga acceso a la energía, todos están de acuerdo, pero en la realidad este concepto de acceso podría tener diversos significados como:

- Que la gente tenga acceso a la red eléctrica y esta pase cerca.
- Que la gente esté bajo una red eléctrica y pueda conectarse cuando quiera.
- Que la gente tenga una conexión eléctrica aunque no la use.
- Que la energía esté disponible cuando la gente la necesite.
- Que la energía satisfaga demandas domésticas, sociales y productivas.

Con seguridad que el último concepto es el más adecuado, ya que conjunciona los aspectos de suministro y de uso de la energía, así como su conversión en un factor de desarrollo.

En un contexto nacional catalogado como progresista, en el país se han dado pasos importantes: recuperar los recursos naturales, reiniciar los procesos de planificación energética, reposicionando al Estado en el sector energético de una manera preponderante.

Sin embargo, desde el Estado aún no se tienen respuestas operativas sobre cómo lograr un acceso con equidad para los grupos afectados o cómo impulsar la productividad de la energía. Parte de las respuestas que se escuchan a muchos de los desafíos planteados aún, responden a una lógica tradicional.

Es necesario generar instrumentos legales y normativos que regulen las ER. Hasta ahora los procesos regulatorios, de fiscalización y otros, para los consumidores de energía, no alcanzan al sector rural y menos a los usuarios de ER. Se impone el estudiar y promulgar normas que consideren todos los aspectos necesarios que resulten en la entrega de un servicio de energía con calidad y sostenibilidad para las familias rurales que utilicen ER.

Actualmente, para incrementar el acceso, se depende de los proyectos, y en muchos casos bajo un enfoque de suministro clásico. En ese contexto faltan mecanismos financieros innovadores que aseguren un flujo de recursos continuo. No se puede estar a expensas de recursos que haya que negociar continuamente.

Plantear, por ejemplo, que parte de la renta del GN se invierta en ER o que se cree un fondo para energías sostenibles, podría ser una opción. Es decir, que los recursos que llegan hoy por la exportación del GN se conviertan en energías sostenibles para el mañana.

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 prefecturas destinen un parte de los recursos prevenientos del Impuesto a los Hidrocarburos (IDH) para financiar las ER, podría ser una salida, mientras se instituye un gran fondo para el financiamiento de las ER a nivel nacional.

Considerando las cifras que se manejan el sector de hidrocarburos o electricidad, donde se habla de miles de millones de \$us , un flujo de solamente \$us 45 millones por año, durante 10 años permitiría salvar esta distancia que existe entre las comunidades aisladas y el acceso a la energía moderna<sup>56</sup>.

Por otro lado, el promover la producción energética de las comunidades exige un marco legal adecuado, una ley de electricidad apropiada a los cambios sociales y económicos actuales. Por ejemplo, discutir nuevos esquemas de propiedad: comunitaria-estatal-privada y nuevos esquemas de asociación empresarial, en el marco de la Constitución Política del Estado vigente que marca una preeminencia estatal en el sector.

Asimismo, por el tamaño de los desafíos, se debe considerar el ampliar el espectro de actores del sector con el concurso de organizaciones de la sociedad civil. Pensar en el Estado como el gran dinamizador de las iniciativas energéticas que provengan

---

56 El gobierno ha comprometido un préstamo del Banco Central de \$us 1.000 millones para YPFB y de otros \$us 1.000 millones ahora electricidad.



de los diferentes sectores y como el integrador de los diferentes actores, y no ya como el único actor, es una variable fundamental a considerar.

En este sentido, para satisfacer las demandas rurales y lograr revertir su situación de bajo acceso a la energía es clave la necesidad de trabajar más intensivamente con las ER de aplicación descentralizada, así como con mejores esquemas de gestión y mecanismos financieros imaginativos que consideren la realidad de los usuarios finales.

Se puede mencionar que 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.

De la misma manera, todo este proceso necesita un mecanismo de planificación energética amplio, plural y participativo que permita construir conjuntamente el concepto de energía sostenible para lograr una solución integral con sostenibilidad social.

# BIBLIOGRAFÍA

## **BIRHUETT, Enrique**

2002 Bases para una actualización de la base de datos de electrificación rural y lineamientos para una estrategia de electrificación rural. PHRD (Japón-Banco Mundial). La Paz, Bolivia.

## **FERNÁNDEZ, Miguel**

2009 Desafíos para las Energías Renovables en el Área Rural de Bolivia. Boletín Ecodes N° 79. Fundación Ecología y Desarrollo. España.

2006 Energy and Poverty in Bolivia. A rural problem? ACCESS-EASE Intenational Newsletter. Volume 3.

2004 Energía para la gente. Un concepto de solución integral a las demandas energéticas de las familias rurales dispersas en Bolivia. EASE. International Newsletter.

## **FERNÁNDEZ, Miguel; BIRHUETT, Enrique**

2002 Resultados de la Reestructuración de la Industria ENERGÉTICA en Bolivia. OLADE-CEPAL-GTZ.

## **FERNÁNDEZ, Miguel; RODRÍGUEZ, Gustavo et ál.**

2010 Diagnóstico del Sector Energético Boliviano y Lineamientos de Políticas. WWF.

## **FERNÁNDEZ, Miguel; EYZAGUIRRE, Mónica**

2004 Uso de la biomasa por familias rurales en Bolivia: Diagnóstico y lineamientos para una propuesta. ENERGÉTICA.

**FERNÁNDEZ, Miguel; RÍOS, Carlos**

1997 Energía y Desarrollo Sustentable en ALAC. Estudio de Caso de Bolivia. OLADE-CEPAL-GTZ.

**GERNOT, Ruths**

1990 Planificación Energética Rural para Bolivia. MEH.

**ROCA, Rustan**

2001 Informe de evaluación de gases de combustión en cocinas domésticas rurales del municipio de Alalay. Energética-EASE.

**ROGERS, Everett**

1962 Diffusion of innovations. New York: Free Press

*Organismos e instituciones*

**Centro de Documentación e Información Bolivia (CEDIB)**

2007 Un país, dos realidades. Energía y Pobreza, una relación olvidada. Petropress. Número especial. Cochabamba, Bolivia.

**Empresa Nacional de Electricidad (ENDE)**

2009 Plan Estratégico.

**Energética**

2009 Informe final del Proyecto Inti K'anchay Ayopaya.

**FITCHNER**

2007 Plan Maestro de Electrificación Rural para Bolivia. BID.

**ISF-Energética**

2007 Informe final. Proyecto Desarrollo del Ecoturismo en Áreas Naturales Protegidas con Energías Renovables.

**Superintendencia de Electricidad**

2009 Anuario Estadístico del Sector Eléctrico 2008 .

### **Universidad Mayor de San Simón (UMSS)**

2010 Mapa de Radiación Solar para Bolivia. Proyecto de Energía Solar.

### **Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas (VMEEA)**

2008 (a) Informe Proyecto PNUD-GEF.

2008 (b) Plan Electricidad para Vivir con Dignidad.

### ***Foros y cursos***

#### **3er. Foro internacional de energía**

2009 Energía Fotovoltaica en Bolivia. Expo Energía. Santa Cruz.

#### **4to. Curso para investigadores en cambio climático**

2009 Energías Renovables y Cambio Climático. PNCC. Santa Cruz.

### ***Páginas web***

#### **Elecsol Rural**

[www.elecsolrural.org](http://www.elecsolrural.org)

#### **Crecer con Energía**

[www.crecerconenergia.net](http://www.crecerconenergia.net)

#### **Proyecto Infraestructura descentralizada para la Transformación Rural (IDTR)**

[www.idtr.gov.bo](http://www.idtr.gov.bo)

#### **Energética**

[www.energetica.org.bo/energetica/pdf/publicaciones/ease6pf.pdf](http://www.energetica.org.bo/energetica/pdf/publicaciones/ease6pf.pdf)

[www.energetica.org.bo/elsol](http://www.energetica.org.bo/elsol)

#### **Programa de Desarrollo Agropecuario Sostenible PROAGRO**

[www.endev-bolivia.org](http://www.endev-bolivia.org)

# GLOSARIO

## *Siglas*

BEP:	Barril Equivalente de Petróleo
CER:	Certificados de Reducción de Emisiones
CORDEOR:	Corporación de Desarrollo de Oruro
ER:	Energías Renovables
GEF:	Fondo Mundial para el Medio Ambiente
GN:	Gas Natural
GLP:	Gas Licuado de Petróleo
IDH:	Impuesto a los Hidrocarburos
IDTR:	Proyecto de Infraestructura Descentralizada para la Transformación Rural
INE:	Instituto Nacional de Estadística
MEH:	Ministerio de Energía e Hidrocarburos
MDL:	Mecanismo de Desarrollo Limpio
MCH:	Micro Centrales Hidroeléctricas
OEA:	Organización de los Estados Americanos
OMS:	Organización Mundial de la Salud
PNUD:	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PLABER:	Plan Bolivia de Electrificación Rural
PRONER:	Programa Nacional de Electrificación Rural
TDE:	Transportadora de Electricidad
UMSS:	Universidad Mayor de San Simón
VMEEAT:	Viceministerio de Electricidad, Energías Alternativas y Telecomunicaciones

## *Símbolos químicos*

CO:	monóxido de carbono
CO <sub>2</sub> :	dióxido de carbono

### ***Unidades monetarias***

\$us: dólares americanos  
\$us/usuario: dólares americanos por usuario  
\$us/kW: dólares americanos por kilovatio  
\$us/conexión: dólares americanos por conexión  
MM \$us: miles de millones de dólares americanos  
ctv. \$us/kWh: centavos de dólar americano por kilovatio hora  
€/Tn CO<sub>2</sub>: euros por tonelada de dióxido de carbono

### ***Unidades de medida***

Tn: toneladas  
Tn/año: toneladas por año  
m<sup>3</sup>: metros cúbicos

### ***Unidades eléctricas***

MW: megavatio  
Wp: vatio pico  
Wh: vatio hora  
V: voltio  
kW: kilovatio

### ***Medidas energéticas***

GWh/km<sup>2</sup>/año: gigavatio hora por kilómetro cuadrado por año  
kWh/mes: kilovatios hora por mes  
kWh/m<sup>2</sup>.día: kilovatios hora por metro cuadrado al día  
Wh/día: vatios hora por día  
W/m<sup>2</sup>: vatio por metro cuadrado  
BEP/año: barril equivalente de petróleo por año



La Plataforma Energética promovida por el Centro de Estudios para el Desarrollo Laboral y Agrario (CEDLA) busca, en lo fundamental, dinamizar un debate público que aporte al diseño de la política energética nacional de manera crítica, propositiva y fundamentada.

En esta oportunidad se presenta el resultado de la investigación denominada "Rol e impacto socioeconómico de las energías renovables en el área rural de Bolivia" realizada por Miguel Fernández Fuentes, que muestra, entre otros resultados, una aproximación a la realidad energética de las familias rurales bolivianas; la estrecha relación entre los bajos índices de cobertura de servicios energéticos y la pobreza rural y; las potenciales posibilidades de cambiar dicha realidad utilizando tecnologías de energías renovables de baja tensión.

En la Plataforma Energética se cree firmemente que los resultados y planteamientos desarrollados en este estudio permitirán impulsar el trabajo, debate y deliberaciones sobre el sector, los mismos que serán públicos, transparentes, abiertos a la prensa y a la opinión pública que quiera participar de estos temas vitales para el país.

*Con el apoyo de*



ISBN: 978-99954-786-3-6

