

CUADERNOS DE  
COYUNTURA

plataforma



energética

Publicación bimensual • Año 11 • La Paz, mayo de 2012 • N°

5



# ENERGÍAS RENOVABLES, LA LUZ DEL PROGRESO PARA LA BOLIVIA RURAL

SITUACIÓN Y PERSPECTIVAS DE LAS ENERGÍAS ALTERNATIVAS

A pesar de los esfuerzos realizados en electrificación rural, mediante la instalación de redes eléctricas, aún tres millones de bolivianos no tienen acceso a electricidad y casi cuatro millones usan leña como fuente principal de energía. El agro boliviano sigue anclado en el siglo XIX, asegura un estudio de la Plataforma Energética, elaborado por el especialista Miguel Fernández.

La investigación revela que la realidad de la Bolivia rural, donde vivía en el 2007 poco menos del 40% de la población, está signada por bajísimos índices de desarrollo y una población dispersa, inconexa, aislada y marginada del mercado energético nacional.

En el área rural el abastecimiento de hidrocarburos es muy escaso. La principal fuente energética en estas áreas dispersas y alejadas es la biomasa (especialmente leña), que en promedio cubre el 80% de la demanda total rural de energía (hay algunas zonas donde este recurso cubre hasta el 97% de

500 mil familias bolivianas no tienen acceso a la electricidad y usan leña como fuente de energía

## El agro boliviano está anclado en el siglo XIX

esta demanda, situación que no ha cambiado en los últimos años).

En cambio, el uso del Gas Licuado de Petróleo (GLP), ampliamente extendido a nivel urbano, sólo está presente en los centros rurales más importantes. En el resto del territorio nacional sencillamente no existe disponibilidad de este combustible.

Para el año 2007 se estimaba que la cobertura de electricidad en el área rural era de 39%, mientras que en las ciudades alcanzaba entre 80 al 90% de la población.

El estudio detecta que los consumos en electrificación rural alcanzan en promedio apenas a 25 kilovatios hora por mes (kWh/mes) por familia. La mitad de las familias rurales, que cuentan con electricidad, tiene un consumo inferior a 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.

“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”, dice el estudio.

### MENOS ENERGÍA, MÁS POBREZA

La investigación también destaca que en el ámbito rural existe una estrecha relación entre pobreza y falta

de acceso a la electricidad, se podría decir que son casi sinónimos.

Así, en base al criterio de medición de la pobreza basado en las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), se observa que el número de hogares rurales en condiciones de pobreza extrema en Bolivia 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).

La extrema dispersión de la población también incide en su acceso a la electricidad. El estudio identifica que cerca de 600 mil familias, que viven en comunidades que en promedio tienen menos de 120 familias, constituyen 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 mil familias rurales viven en comunidades con menos de 60 familias como promedio, 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.

Se puede observar, agrega el estudio, 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.



### A MODO DE EDITORIAL

Este quinto número de Cuadernos de Coyuntura de la Plataforma Energética está dedicado al análisis de la situación y perspectivas de las energías renovables en Bolivia.

Las notas que forman parte de este boletín han sido elaboradas en base a la investigación “Rol e impacto socioeconómico de las Energías Renovables en el área rural de Bolivia”, de autoría del ingeniero Miguel Fernández,

consultor especialista contratado por la Plataforma.

La Plataforma de Política Energética, creada bajo la coordinación del Centro de Estudios para el Desarrollo Laboral y Agrario (CEDLA), es un espacio permanente, plural y abierto a todos, para compartir información, generar conocimiento y promover el debate público sobre los temas fundamentales del sector energético boliviano.



La población rural de Bolivia, que tiene un mayor grado de pobreza y menos condiciones de desarrollo, paga proporcionalmente mucho más que las familias urbanas por acceder a la energía, asegura la investigación de la Plataforma sobre las energías alternativas.

Lo paradójico es que, en términos comparativos, las familias más pobres del agro boliviano pagan más por una energía de menor calidad.

“Son familias que están inmersas en un “mercado” de pilas, velas, mecheros, que representa un movimiento anual de casi 50 millones de dólares”, dice el estudio que reitera que el acceso a la energía marca la diferencia en la calidad de vida de la gente y mejora sus condiciones de sostenibilidad.

#### DIFERENCIAS ABISMALES

Y es que las diferencias energéticas entre las áreas urbanas y rurales de Bolivia son abismales. Las ciudades más grandes del país tienen un abastecimiento regular de gas licuado de petróleo (GLP), gas natural (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.

Según los datos procesados en el estudio, el área urbana centra su suministro energético en la electricidad y el GLP (ambas representan el 87% del consumo total), mientras que en

En promedio, una familia urbana consume 86 veces más energía eléctrica que una familia rural

## En el campo se paga más por una energía de menor calidad

el área rural la mayor importancia está en la biomasa y en menor proporción 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. En el caso de la electricidad, una familia urbana consume 86 veces más energía eléctrica que una familia rural.

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, señala el estudio “Rol e impacto socioeconómico de las Energías

Renovables en el área rural de Bolivia”.

#### GASTOS EN ENERGÍA

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.

Aunque no exigen grandes cantidades de energía, la iluminación (5%) y el acceso a medios de comunicación (2%), principalmente la radio, son demandas de corte estratégico por su impacto en la calidad de vida rural, agrega el estudio.

Los gastos promedio por familia rural 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 (con energéticos tradicionales, pilas, velas y mecheros).

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

### MASIVO CONSUMO DE BIOMASA EN EL AGRO

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 toneladas/año. 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 mil 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 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 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 consumos actuales.

Con una inversión de 390 a 450 millones de dólares en energías renovables se puede dotar de energía a 2 millones de bolivianos del agro

# Energías alternativas, una opción viable y óptima para iluminar la vida del agro

Bolivia puede superar sus grandes asimetrías energéticas entre las ciudades y el campo y llevar la suficiente energía para iluminar la vida y el progreso de su área rural, si apuesta en serio por las energías renovables y alternativas.

Si cada año se invierte 45 millones de dólares, durante 10 años, en sistemas fotovoltaicos para electrificación, microcentrales hidroeléctricas, sistemas termosolares, secadores solares, aerogeneradores y otras energías renovables, se podría lograr que las comunidades rurales dispersas del país accedan a la energía moderna y al siglo XXI.

“Se puede afirmar que el desafío para las energías renovables consiste en abastecer con energía a casi 300 mil familias 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. Solo así la energía se convertirá en un factor que genere desarrollo”, señala la investigación de la Plataforma.

## SOLUCIONES ENERGÉTICAS VIABLES

Para el año 2007 se estimó que unos 500 mil hogares rurales de Bolivia no tenían acceso a la energía eléctrica, y muchos de ellos a ningún tipo de energía comercial. Según el análisis, de estos 500 mil hogares, cerca de 200 mil radican en localidades donde presumiblemente existe infraestructura eléctrica y, por tanto, su conexión correspondería a un futuro proceso de densificación del servicio ya establecido.

De las restantes 300 mil familias sin acceso a electricidad, se estima que unos 200 mil hogares rurales puedan ser atendidos mediante la utilización de energías renovables descentralizadas (fundamentalmente sistemas fotovoltaicos o pequeños aerogeneradores) y que otros 100 mil hogares puedan ser atendidos con sistemas aislados de mini redes con diversas fuentes (diésel, energía hidráulica, biomasa, sistemas híbridos, etc.).

Es decir, de las 500 mil familias rurales, la red quizás llegue a cubrir hasta un 30 a 40% para el abastecimiento de electricidad. Así un poco más del 60% de la población tendría como alternativa que las energías renovables les provean de electricidad o recurrir a generadores



a gasolina o diésel. Adicionalmente, en las demandas térmicas para cocción de alimentos, 600 mil hogares que usan fogones de leña podrían optar por cocinas eficientes de leña.

## INVERSIONES

El estudio sostiene que para abastecer con energía a casi 2 millones de personas se precisaría de una importante inversión en los próximos años.

“Una primera aproximación a la cifra de inversiones demandadas para cubrir la demanda identificada podría estar entre 390 a 450 millones de dólares, para atender la demanda energética rural aislada de aproximadamente 300 mil hogares con energías renovables”.

“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 llegará 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)”.

## DISPONIBLES EN BOLIVIA

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

- Los sistemas fotovoltaicos**, que convierten la radiación solar directamente en electricidad de corriente continua de 12 V, 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 mil unidades instaladas en diferentes aplicaciones (viviendas, escuelas, postas, bombas de agua, telecentros, etc.).
- 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 operación, que sirven aproximadamente a 6 mil familias y que tienen potencias instaladas de entre 30 kW y 200 kW.

- Los sistemas termosolares**, que convierten la radiación solar directamente en calor y usan el efecto invernadero, normalmente se utilizan para calentar agua. La tecnología está disponible a través de microempresas y su construcción es completamente local. Actualmente se instalan aproximadamente 400 unidades/año y se estima que existen más de 3.000 unidades instaladas y en funcionamiento.
- 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.
- 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 instala-

ciones actuales casi llegan al centenar y tienen una potencia de entre 200 W y 400 W.

- 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.
- 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 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

Otras opciones de energías renovables con importante potencial pero aún no desarrolladas completamente en el país son:

## LOS LÍMITES DE LA ELECTRIFICACIÓN CONVENCIONAL

La electrificación rural de Bolivia con métodos convencionales, de extensión de red eléctrica o densificación de la red eléctrica, será cada vez más difícil de implementar y mucho más costosa.

Analizando los costos promedio de conexión en diferentes proyectos de electrificación rural, el estudio detecta que la inversión por familia ha ido incrementándose de manera paulatina:

AÑO	COSTOS CONEXIÓN
1990	700 \$us
1998	1.000 \$us
2007	1.300 \$us

Las razones para esta situación es que las comunidades están cada vez más lejanas, más aisladas y el número de familias que vive en ellas es reducido. Esto significa que la red eléctrica se acerca al límite técnico y

económico como solución generalizada para resolver este problema en el área rural.

Por ello, estas 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.

## DEMANDAS DE ENERGÍA RURAL

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 metal-mecánicos, la refrigeración, etc. Sin embargo, estas demandas son puntuales.

## CONSUMOS ACTUALES

El principal consumo de energía en las comunidades aisladas sin acceso a electricidad (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%.

Costos y perspectivas de las energías alternativas que se aplican en el país

## La experiencia boliviana en renovables

Una revisión de las principales experiencias en la aplicación de las energías alternativas en Bolivia permite confirmar que, en general, las tecnologías de energías renovables tienen un alto costo de inversión, mientras que los costos de operación y mantenimiento son prácticamente nulos.

Algunos datos referidos a experiencias recientes en el país muestran que:

1. Para las **Micro Centrales Hidroeléctricas**, 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.
2. El costo asumido para **sistemas fotovoltaicos** de 50 Wp 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.
3. 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 por equipo de \$us 1.400 y una vida útil de al menos 15 años.
4. Los **sistemas eólicos** de uso familiar, con potencias de hasta 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.



5. 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.
6. 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.

En general, a pesar de las limitaciones que pueden tener las energías renovables para la generación de electricidad, éstas 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.

### CALIDAD DE LAS TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

Las tecnologías de energías renovables disponibles en Bolivia permiten una aplicación segura, confiable y económica en el país.

El inventario tecnológico de soluciones es el siguiente:

- ✓ Hay conocimiento por parte de personal local para su manejo, instalación, operación y mantenimiento.
- ✓ Hay disponibilidad local de los equipos, repuestos.
- ✓ Existe una producción local, o al menos capacidad de reparación local, con la tecnología disponible en el país y sobre todo en ciudades intermedias.
- ✓ Hay garantías de los proveedores de la tecnología hacia los usuarios finales, de manera que en caso de fallas sea posible obtener recambios.
- ✓ Existen experiencias de aplicación locales positivas a nivel experimental y difusión aunque sea a pequeña escala.

El territorio boliviano es muy apto para el uso de la energía solar y la micro hidroenergía

## Un gran potencial de energías alternativas

**B**olivia cuenta con un extraordinario potencial de energías renovables, especialmente la solar y la micro hidroenergía, que pueden ser un factor clave para generar una energía sostenible y accesible para su población rural.

El 97 por ciento del territorio boliviano es apto para aprovechar la energía del sol, el potencial hídrico es enorme y está sin uso, y el potencial eólico que viene del aprovechamiento de la fuerza del viento es considerable en el oriente, al igual que la biomasa que puede llegar a convertirse en electricidad.

### 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 kilovatios hora por metro cuadrado al día ( $\text{kWh}/\text{m}^2/\text{día}$ ), dependiendo de la época del año. En la zona de los llanos la tasa de radiación media se sitúa entre 4,5 y 5  $\text{kWh}/\text{m}^2/\text{día}$ . Esta energía es suficiente para proporcionar diariamente 220 vatios por día ( $\text{Wh}/\text{día}$ ) de energía eléctrica a través de un panel fotovoltaico de 50 vatio pico ( $\text{Wp}$ ).

Las zonas de la región del altiplano presentan la mayor tasa de radiación; tasa que va disminuyendo hacia las zonas del llano.

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  $11^\circ$  y  $22^\circ$ . 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.

### POTENCIAL DE ENERGÍA EÓLICA

Si se considera que para uso doméstico y productivo es viable el aprovechamiento de la energía eólica a partir de 50 vatios por metro cuadrado ( $\text{W}/\text{m}^2$ ), es posible identificar zonas distribuidas en el trópico y en el altiplano con regímenes de viento suficiente (en el altiplano  $154 \text{ W}/\text{m}^2$  y en Santa Cruz  $232 \text{ W}/\text{m}^2$ ).

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).

Sin embargo, 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. 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.

### POTENCIAL DE ENERGÍA BIOMASA

El potencial más alto está en el norte del país, donde también existe la mayor demanda de diésel para generación de energía.

Las barreras para el aprovechamiento de la biomasa, más allá del consumo tradicional para cocción de alimentos, radican en la falta de una

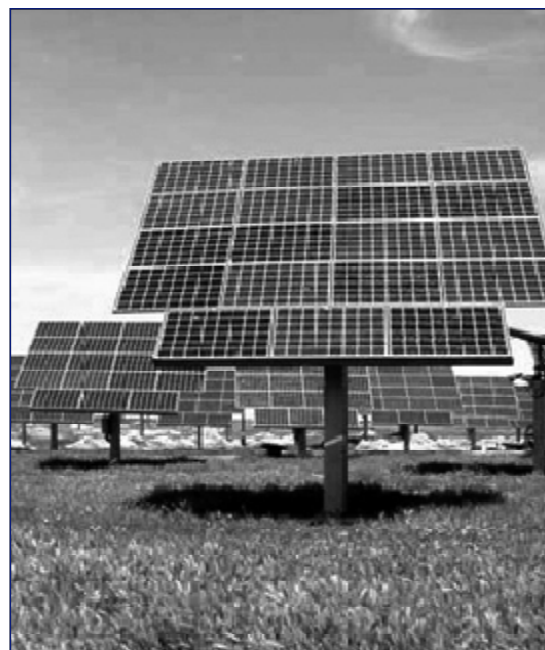
normativa específica que, en el marco de las regulaciones forestales, establezca las condiciones para su aprovechamiento.

Las experiencias existentes son de gran escala, como una generadora en Riberalta que funciona con cáscara 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 megavatios) 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 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.



## Uso de energías renovables y posible impacto en Bolivia

TECNOLOGÍAS ALTERNATIVAS	IMPACTO: DESPLAZA O SUSTITUYE A:	IMPLEMENTACIÓN
Al menos 150.000 sistemas fotovoltaicos domésticos	- 2,4 millones de litros de diésel/año (mecheros) - 12 millones/año de velas - 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 toneladas de madera/año	Sustitución de fogones tradicionales de leña
50.000 biodigestores	- 215.000 toneladas de CO2/año	Instalación en las zonas con potencial ganadero
300 micro centrales hidroeléctricas	- 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 toneladas de CO2/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 micronecesos que funcionan con diésel y serían sustituidos por aceite vegetal en combinación con solar/hidro

Fuente: Energías Renovables y Cambio Climático.  
Elaboración: Miguel Fernández.

### CONDICIONES PARA EL AVANCE DE LAS RENOVABLES

**P**ara que las energías renovables satisfagan las demandas domésticas, sociales y productivas del agro boliviano es necesario avanzar en los siguientes ámbitos, según el estudio:

- ✓ **Financiamiento.** Crear un fondo nacional para financiar las energías sostenibles con parte de los ingresos del gas natural. Los recursos que llegan hoy por la exportación del gas natural deben convertirse en energías sostenibles para el mañana.
- ✓ **Reorientación regional.** Mientras se desarrolla un mecanismo nacional de financiamiento, una reorientación parcial del uso de la renta del gas natural podría darse más fácilmente a nivel regional y municipal.

- ✓ **Normas y regulación.** Generar instrumentos legales y normativos que regulen las energías renovables. 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 energías renovables.
- ✓ **Nueva ley de electricidad.** Promover la producción energética de las comunidades exige un marco legal adecuado, una ley de electricidad apropiada a los cambios sociales y económicos actuales.
- ✓ **Mayor participación.** 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 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.

- ✓ **Gestión y descentralización.** Trabajar más intensivamente con las energías renovables de aplicación descentralizada, así como con mejores esquemas de gestión y mecanismos financieros imaginativos que consideren la realidad de los usuarios finales.
- ✓ **Planificación energética.** 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.



Comité Editorial: Javier Gómez, Carlos Arze, Juan Carlos Guzmán, Gustavo Luna  
Coordinador Plataforma: Juan Carlos Guzmán  
Textos y edición: Gabriel Tabera  
Diseño y Armado: Milton Iniguez



TELF: 591 (02) 2412429 / FAX: 591 (2) 2414625  
AV. JAIMES FREIRE 2940 / CASILLA 8630 / PAZ - BOLIVIA  
cedla@cedla.org / www.cedla.org  
EL ARTÍCULO FIRMADO ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DE LOS AUTORES

Con el apoyo de

