

Bolivia Ecológica

EDICIÓN TRIMESTRAL REVISTA Nº 52

AÑO 2008



ENERGÍAS RENOVABLES

- Introducción
- ¿Qué son las energías renovables o alternativas?
 - Temporales (no renovables)
 - Permanentes (renovables)
- ¿Cuáles son las energías renovables o alternativas?
 - Energía solar o fotovoltaica
 - Energía solar térmica
 - Energía eólica
 - Energía hidráulica
 - Energía geotérmica
 - Biomasa
 - Energías renovables en Bolivia
- Bibliografía

FUNDACIÓN SIMÓN I. PATIÑO

EDITOR

CENTRO DE ECOLOGÍA DIFUSION SIMÓN I. PATIÑO

DIRECTORA DE LA PUBLICACIÓN

Carmiña Montoya Köster

AUTORA DE LA PUBLICACIÓN

MSc. Christian Bomblat

COLABORACIÓN

MSc. José Baudoin

Ma. Cristina Torrico Laserna

FOTOGRAFÍA PORTADA

Instalación de un sistema fotovoltaico

ENERSOL

DISEÑO GRÁFICO

Sandra P. Heredia A.

ÍNDICE

• Introducción	pág. 1
• ¿Qué son las energías renovables o alternativas?	pág. 2
- Temporales (no renovables)	pág. 2
- Permanentes (renovables)	pág. 2
• ¿Cuáles son las energías renovables o alternativas?	pág. 3
- Energía solar o fotovoltaica	pág. 3
- Energía solar térmica	pág. 6
- Energía eólica	pág. 9
- Energía hidráulica	pág. 12
- Energía geotérmica	pág. 17
- Biomasa	pág. 21
- Energías renovables en Bolivia	pág. 25
• Bibliografía	pág. 28

CENTRO DE ECOLOGÍA DIFUSIÓN



FUNDACIÓN SIMÓN I. PATIÑO

Independencia, Esq. Suárez de Figueroa - Tef. / Fax: (+ 591- 3) 3 37 57 26 - Casilla 1674 - Santa Cruz - Bolivia
E-mail: edifusion@fundacionpatino.org - www.cedsip.org

INTRODUCCIÓN

Es incuestionable que existe una relación entre la disponibilidad de energía y la calidad de vida. Basta señalar que uno de los indicadores establecidos por la ONU, para medir el grado de desarrollo de un país, es el consumo energético.

Así, los países de mayor grado de industrialización son los de mayor producción y consumo de energía. Sin embargo, la producción de energía no equivale a la posesión de fuentes de energía.

Muchos países productores de petróleo carecen de una industria capaz de aprovechar sus recursos energéticos y se limitan a vender los combustibles fósiles a los países industrializados. Esta situación explica, en parte, el desequilibrio económico entre países.

Casi todas las sociedades industriales están basadas en el aprovechamiento de los combustibles fósiles, como el carbón y el petróleo. Estos combustibles son formados en el subsuelo durante miles de años, mediante la descomposición y mineralización de la materia orgánica (restos de animales y plantas).

Actualmente, estamos agotando estos combustibles fósiles, además generamos una serie de residuos indeseables para el ambiente. Por ejemplo, varios gases resultantes de la combustión, causan el efecto invernadero (calentamiento global).

Por la importancia para el desarrollo de los países de tener acceso a energía, la energía nuclear fue desarrollada a mediados del siglo XX, como una panacea que prometía energía ilimitada a precios muy bajos. Sin embargo, la energía nuclear es problemática por las consecuencias de posibles accidentes y la liberación de material radioactivo, la longevidad de los residuos y los altos costos de construcción de las centrales nucleares.

Otra opción de abastecimiento de energía, es la energía hidráulica. Aunque, solamente se pueden implementar centrales hidroeléctricas en zonas con suficientes recursos hídricos.

En este contexto, la creciente toma de conciencia ecológica está obligando a muchos países a replantear sus políticas energéticas en búsqueda de fuentes de energías más limpias, más baratas y no perecederas. Además, existen cada vez más esfuerzos para implantar medidas de ahorro y consumo racional de la energía.

En consecuencia, existe un creciente interés por desarrollar e implementar el uso de las energías renovables, que -por definición- son inagotables.

No obstante, el término inagotable es inexacto porque todas las formas de energía resultan de los rayos solares que han

llegado y siguen llegando del Sol a la Tierra, convirtiéndose en combustibles fósiles (gas, petróleo y carbón) o causando los vientos, la evaporación y las lluvias. Sabemos que el combustible solar se agotará en unos 5 000 000 000 años y con esto se agotarán las energías renovables.

Las energías renovables, generalmente causan menos efectos negativos sobre el medio ambiente. Sin embargo, esto no significa que no existen efectos negativos.

Según estudios sobre los "Impactos Ambientales de la Producción de Electricidad", el impacto ambiental en la generación de electricidad de las energías convencionales es 31 veces superior al de las energías renovables.

Como ventajas medioambientales importantes se tiene que mencionar que las energías renovables causan mucho menos gases contaminantes que la quema de combustibles fósiles.

Así, al utilizar energías renovables, generamos menos sustancias que causan el calentamiento global (CO₂) y la lluvia ácida (SO₂ y NO_x). Además, no genera residuos radioactivos, que son una amenaza para el medio ambiente durante miles de años.

¿QUÉ SON LAS ENERGÍAS RENOVABLES O ALTERNATIVAS?

Las energías renovables son formas de energía de fuentes naturales virtualmente inagotables, por la inmensa cantidad de energía que contienen o porque son capaces de regenerarse mientras exista el Sol.

Existen dos grupos de energías, las temporales y las permanentes.

Temporales (no renovables)

Un recurso temporal (no renovable) son los combustibles fósiles. Esto se debe a que la tasa de utilización es superior al ritmo de formación del carbono, gas y petróleo, por tanto, las energías fósiles serán agotadas a corto plazo.

Permanentes (renovables)

Las fuentes permanentes de energía tienen origen solar. Sabemos que el Sol existirá por más tiempo que la Tierra.

Por tanto, el concepto de renovabilidad e inagotabilidad depende de la escala de tiempo y el ritmo de uso de los recursos y, en este marco, las energías permanentes no se agotarían nunca.

¿CUÁLES SON LAS ENERGÍAS RENOVABLES O ALTERNATIVAS?

ENERGÍA SOLAR O FOTOVOLTAICA

Energía que se produce en las células fotovoltaicas, las cuales producen la liberación de electrones al recibir la energía luminosa, procedente del sol.

Como los rayos del Sol no causan contaminación en la Tierra, se considera la energía solar una forma de energía limpia.

¿Cómo funciona un sistema fotovoltaico?

Las células fotovoltaicas son dispositivos formados por sustancias sensibles a la luz, que desprenden electrones cuando los fotones inciden sobre ellos. Así, las células fotovoltaicas convierten energía luminosa (rayos solares) en energía eléctrica.

El **sistema fotovoltaico** está compuesto por el panel solar, el regulador de carga, una batería y cables que conducen la corriente eléctrica.

El **panel solar** es el corazón del sistema. Mediante el panel se transforma la radiación solar en energía eléctrica.

Los paneles fotovoltaicos están formados por numerosas celdas que convierten la luz en electricidad.

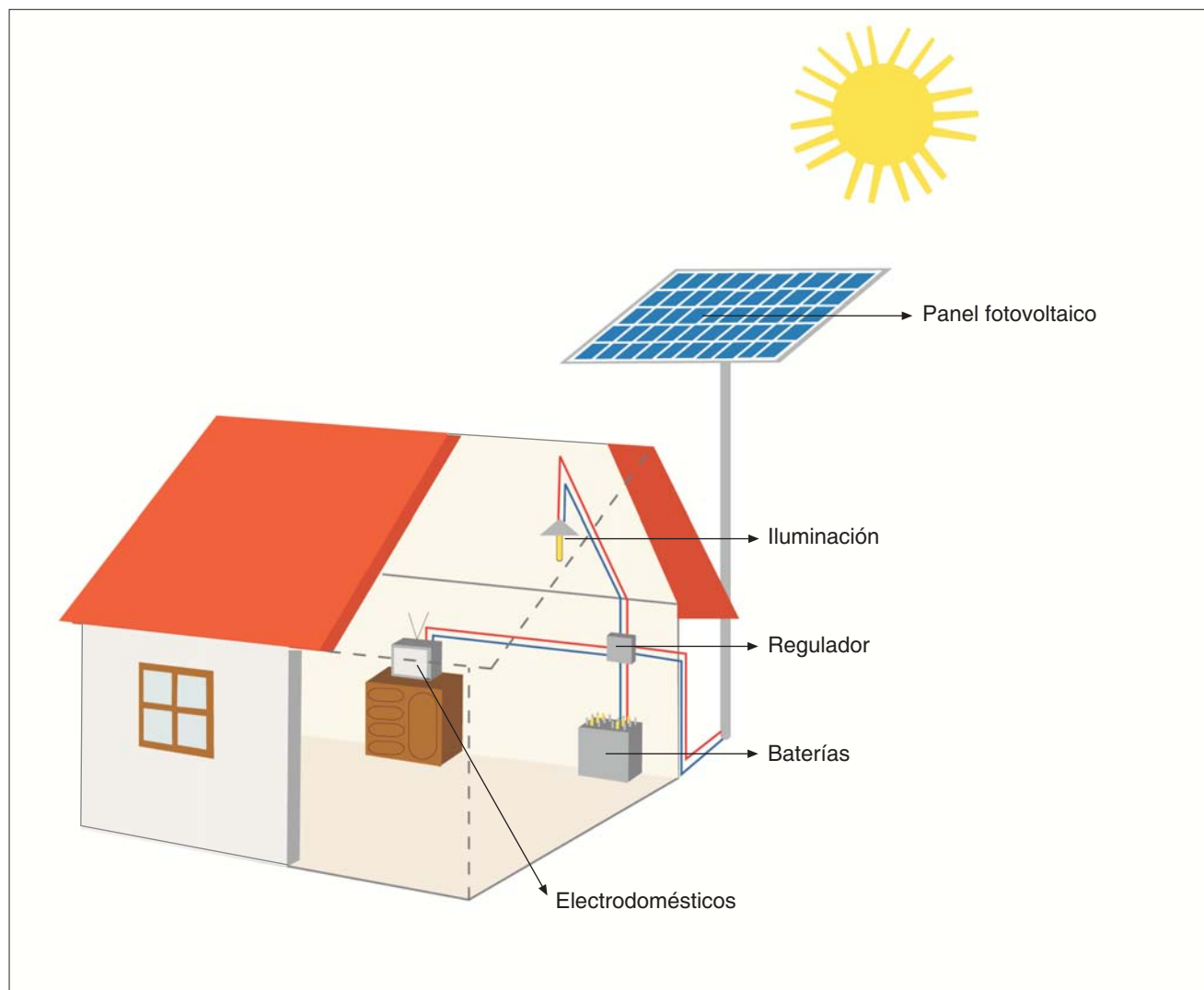
Las celdas, llamadas células fotovoltaicas, dependen del efecto fotovoltaico para transformar la energía del Sol y hacer que una corriente pase entre dos placas, con cargas eléctricas opuestas.

El **regulador de carga** controla el flujo de la energía eléctrica de los paneles solares hacia la batería. El regulador asegura que no exista una sobrecarga o descarga excesiva de la batería. Además, puede tener alguna otra función, por ejemplo, el control lumínico.

La **batería** almacena la energía eléctrica generada en el panel y la hace disponible para cuando sea requerida. Actualmente, se sigue usando baterías del tipo plomo-acido, aunque existen muchos esfuerzos de construir baterías más duraderas y eficientes, utilizando otros materiales como litio.

El **inversor** transforma la energía de la batería a un voltaje mayor y de otro tipo. Generalmente, el sistema fotovoltaico genera energía con un voltaje de 12, 24 ó 48 V (vatios) de corriente directa. Sin embargo, un televisor o refrigerador generalmente funciona con 220 V y corriente alterna.

SISTEMA FOTOVOLTAICO



Fuente: CEDSIP

Los sistemas fotovoltaicos son clasificados como autónomos o conectados a la red eléctrica y según el tipo de aplicación en:

- u Electrificación rural (lugares de difícil acceso, viviendas de uso temporal, casas de campo, montaña)
- u Electrificación urbana (alumbrado de vías urbanas y de edificios públicos, como museos o colegios, o uso en letreros)
- u Electrificación doméstica (viviendas unifamiliares, comunidades y cooperativas) telecomunicaciones terrestres (telefonía terrestre y móvil, comunicación para navegación aérea y marítima, repetidoras de radio y televisión, etc.)
- u Telecomunicaciones espaciales
- u Seguridad y señalización (dispositivos de alarma, pasos de trenes, aeropuertos, autopistas, etc.).

Es evidente que los sistemas fotovoltaicos son un elemento importante para el abastecimiento sostenible de energía y para reducir la contaminación del medio ambiente.



Instalación de un sistema fotovoltaico en zonas donde llega la red convencional.

ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

Los sistemas termo solares son una importante alternativa de aprovechamiento de la energía solar mediante el calentamiento directo de agua o aire.

¿Cómo funciona un sistema termo solar?

Un sistema termo solar utiliza la capacidad del Sol para calentar objetos expuestos a sus rayos. Este efecto se produce cuando la radiación solar choca con un objeto y parte de esta energía se transforma en calor. Se capta la energía solar térmica mediante colectores o paneles solares.

El colector o panel solar, está formado por tubos de cobre u otros metales (que transporta agua y/o aceite) unidos a una base de metal ennegrecidos, para favorecer la absorción del calor. El conjunto de tubos conforman un panel solar.

Los rayos de Sol atraviesan el vidrio y chocan con el tubo y las aletas. Así, se calienta el agua o el aceite que contiene el tubo. Al existir una superficie transparente (de vidrio) el calor es retenido, similar a lo que ocurre en un invernadero.

Después, el agua o aceite caliente son transportados a un intercambiador, en el cual, se transmite el calor al agua de consumo. Una vez que el agua o aceite se enfría, nuevamente se envía al panel solar, donde se repite el proceso.

Sin embargo, también se puede usar el líquido caliente para generar electricidad. Para lo cual, el líquido en el panel debe alcanzar temperaturas mayores a 100°C.

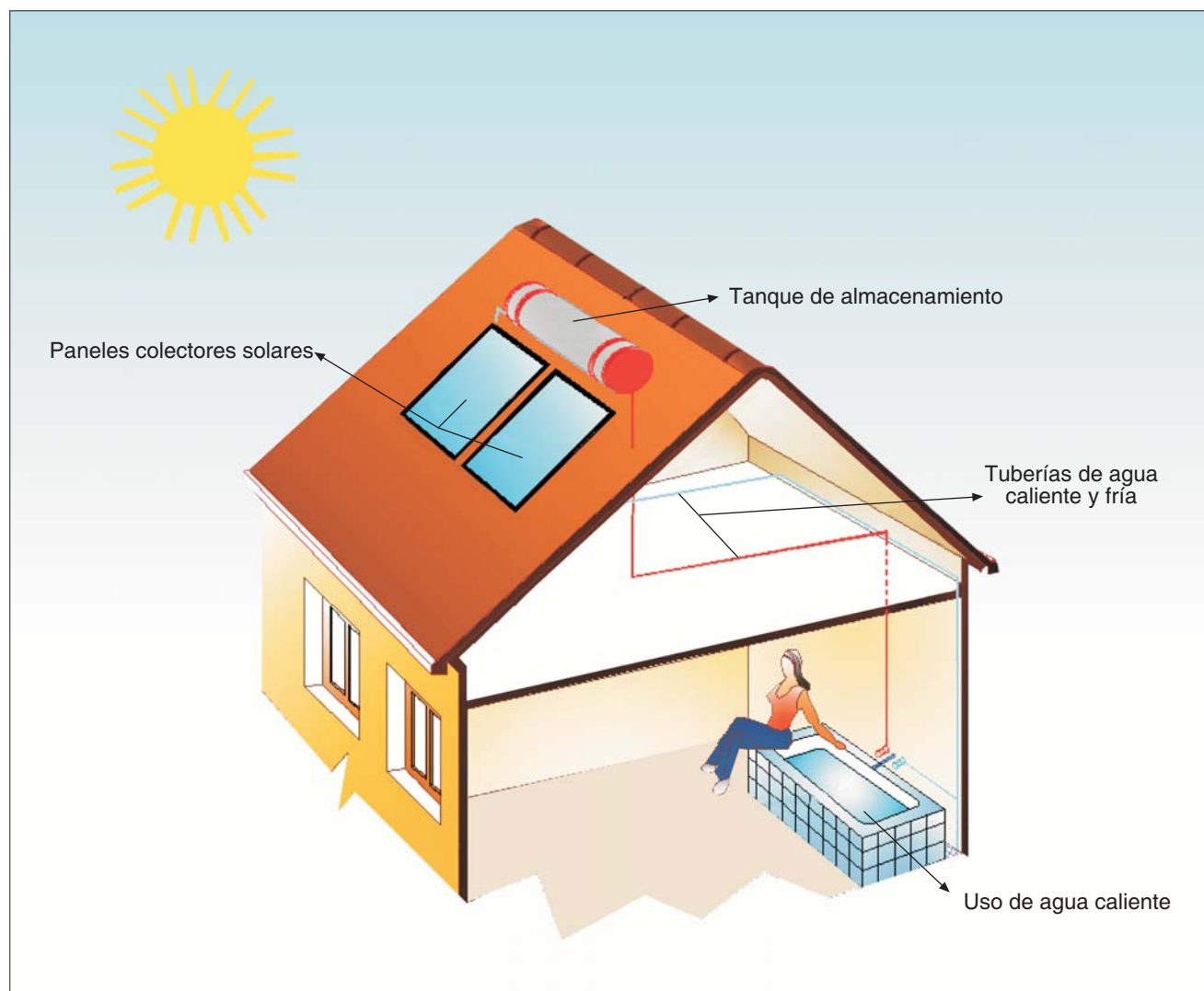
Para lograr estas temperaturas, se utilizan colectores capaces de concentrar la radiación solar mediante segmentos parabólicos. En el eje existe un tubo, donde circula el líquido (generalmente es un aceite especial). El líquido caliente es utilizado para generar vapor de agua y luego éste vapor se usa para hacer girar un generador de electricidad.

Es posible generar entre 10-100 mega vatios (MW) mediante estos sistemas. En comparación, un foco común consume unos 75-100 W.

Se ha calculado que plantas de este tipo evitarían 2 000 toneladas (t) anuales de emisiones de CO₂ por cada MW instalado.

Generalmente, las instalaciones termo solares también están acompañadas por un sistema de energía convencional (mediante la quema de combustibles fósiles), para garantizar la producción de energía los días con poca radiación solar.

SISTEMA DE ENERGÍA TERMOSOLAR



Fuente: SICO SOL



SICO SOL



SICO SOL

Instalación de sistemas termo solares en diferentes zonas del país.

ENERGIA EÓLICA

Es la energía obtenida de la fuerza del viento, es decir, mediante la utilización de las corrientes de aire.

La energía eólica no causa contaminación, no produce residuos ni lanza emisiones al aire. Sin embargo, dependiendo del tamaño de la instalación y de su emplazamiento, los parques de aerogeneradores pueden producir un impacto negativo en el paisaje y son un peligro para las aves. Además, los aerogeneradores generan ruido.

¿Cómo funciona la energía eólica?

Los vientos son generados por el movimiento de las masas de aire, que se desplazan de áreas de alta presión atmosférica hacia áreas con baja presión.

Áreas de alta presión se dan en lugares con aire frío y denso. El aire más denso se desplaza hacia lugares con aire más caliente y menos denso. La velocidad del viento depende de la diferencia en la densidad del aire. Así, vientos fuertes se dan cuando la diferencia entre la presión alta y baja es relativamente grande.

La energía de los vientos es captada a través de turbinas eólicas (aerogeneradores) que transforman el movimiento del aire en energía eléctrica (generador) o mecánica (molino).

Un aerogenerador para la generación de electricidad consta de:

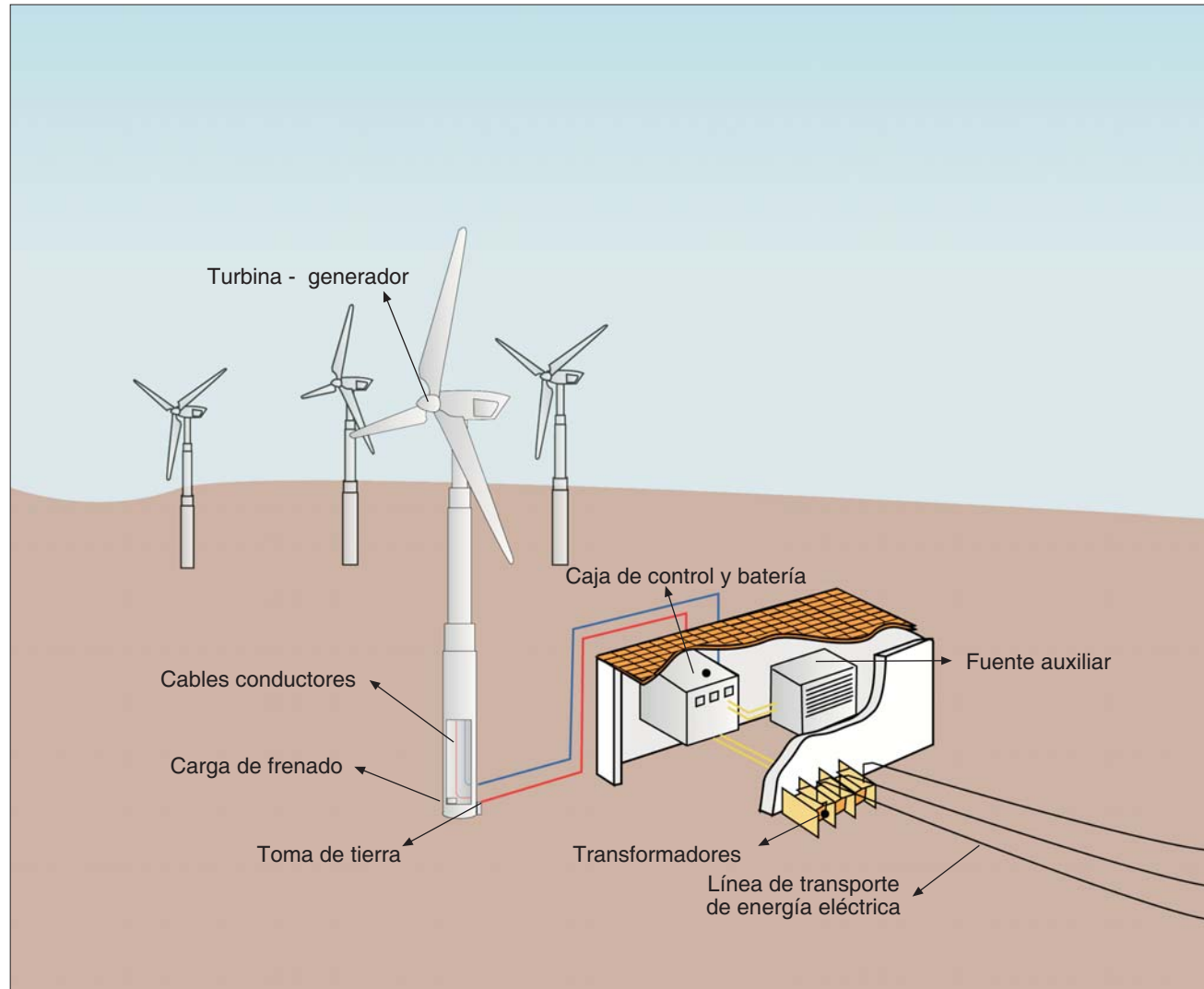
- Torre
- Rotor con palas
- Generador

Actualmente existen turbinas eólicas con una potencia aproximada de 1 500 kW (kilo watios) y una altura de unos 50 m. Especialmente en las costas y las montañas, se han instalado docenas hasta cientos de estos generadores, en los llamados parques de aerogeneradores.

La energía generada es transmitida a la red eléctrica, la cual también incluye otros tipos de fuentes de energía (hidroeléctrico, termoeléctrico, solar etc.) para absolver las inestabilidades, cuando no exista suficiente velocidad de viento como para generar electricidad.

Aparte de los grandes parques de aerogeneradores, también se instalan aerogeneradores de mucho menos potencia para el uso de una sola familia.

CENTRAL EÓLICA



Fuente: CEDSIP



Molinos de viento utilizados para moler harina.



Parque eólico para generación de energía.



Molino de viento para extracción de agua de pozo.

ENERGÍA HIDRÁULICA

Cuando se habla de energía hidráulica, se hace referencia a la utilización del agua para generar electricidad mediante el siguiente mecanismo. Una masa de agua, como la contenida en un embalse, puede ser convertida en energía eléctrica, cuando se usa el agua para hacer girar un generador.

La energía potencial que contiene el agua al estar a cierta altura es convertida en energía cinética mediante el salto (tuberías) a un nivel más bajo.

Luego, la energía cinética se encarga de mover una turbina que, a su vez, mueve a un generador eléctrico, produciendo electricidad (Aragón J. *et al*; 2007).

Aunque las hidrocentrales no causan contaminación, sí pueden cortar el paso de los peces por los ríos, disturbando los ecosistemas acuáticos.

¿Cómo funciona una central hidroeléctrica?

Cuando los rayos del Sol llegan a la Tierra, calientan y evaporan el agua.

El vapor del agua asciende y se mueve hacia las regiones montañosas, para luego enfriarse y condensarse, cayendo como lluvia. Se puede coleccionar el agua de la lluvia y retenerla en presas o conducirla hacia ríos. Luego, se desplaza el agua mediante tuberías hacia un punto más bajo. Esta

agua llega con fuerza a las aspas de un generador y al hacer girar el generador, se produce la electricidad.

Si el desnivel en el terreno es lo suficientemente fuerte, el agua que ha pasado por las aspas de un generador puede ser usada nuevamente para mover las aspas de otra central hidroeléctrica, instalada en un río u otro embalse río abajo.

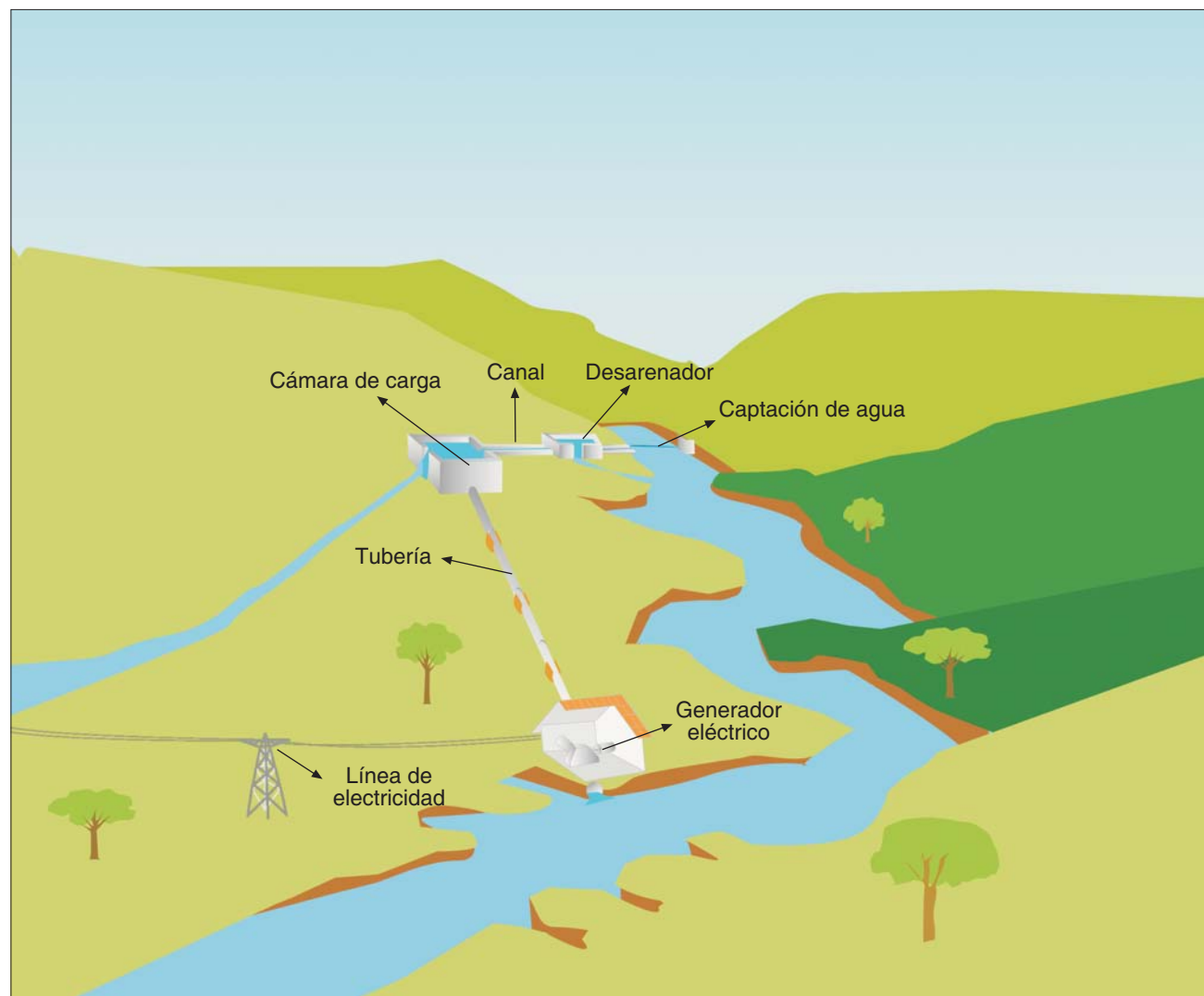
Características de una central hidroeléctrica

Desde el punto de vista de la capacidad de generación de electricidad, las dos características principales de una central hidroeléctrica son:

1. La **potencia** depende del desnivel (altura sobre el nivel del mar del embalse y la altura de las aguas debajo de la central), el caudal y las características del generador.
2. La **energía garantizada** está en función del volumen útil de agua que contiene el embalse y del tamaño del generador.

La potencia de una central puede variar desde unos pocos MW como en el caso de las mini centrales hidroeléctricas, hasta 14 000 MW como en Paraguay y Brasil, donde fue construida la segunda mayor central hidroeléctrica del mundo.

MICRO CENTRAL HIDROELÉCTRICA



Fuente: CEDSIP

Tipos de centrales hidroeléctricas

u Centrales según concepción arquitectónica

Las *centrales al aire libre* están ubicadas al pie de la presa o alejadas de ésta y están conectadas por medio de una tubería.

Las *centrales en caverna* generalmente están conectadas al embalse por medio de túneles, tuberías o la combinación de ambas.

u Centrales por régimen de flujo

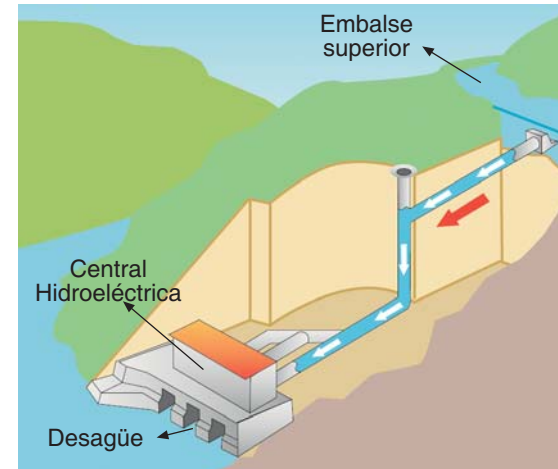
Las *centrales a filo de agua servida* también son llamadas centrales de agua fluyente o de pasada. Estas centrales utilizan parte del flujo de un río para generar energía eléctrica y son operadas continuamente.

En este tipo de centrales no existen embalses y no se puede almacenar el agua.

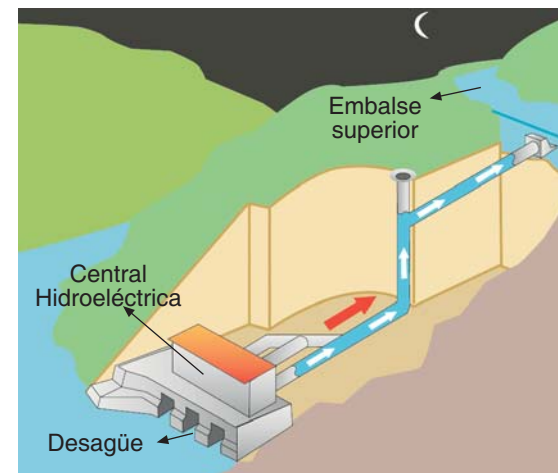
Por lo tanto, las *centrales a filo de agua servida* turbinan el agua disponible en el momento. Las turbinas pueden ser de eje vertical, cuando el río tiene una pendiente fuerte, u horizontal, cuando la pendiente del río es relativamente baja.

CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE BOMBEO

Flujo de agua de día



Flujo de agua de noche



Las *centrales de embalse* utilizan un embalse para reservar agua que permite regular la cantidad de agua que luego pasa por la turbina. Si se dispone de suficientes reservas de agua, es posible generar energía durante todo el año.

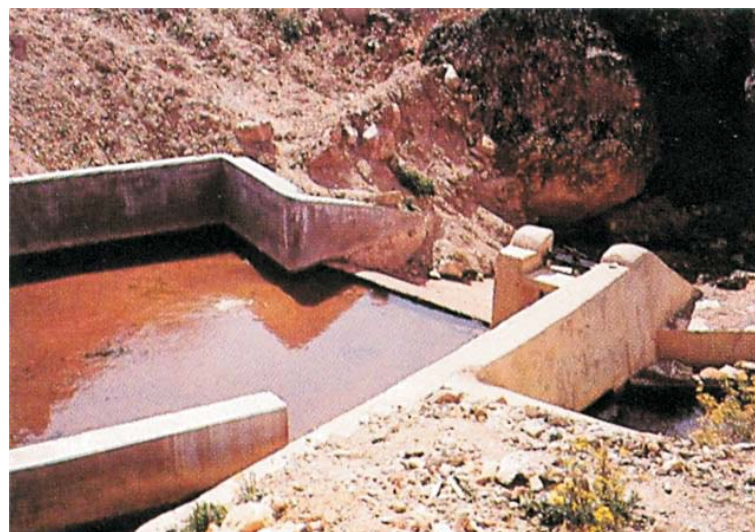
Actualmente, las centrales de embalse son el tipo de central hidroeléctrica más usadas.

Centrales de acumulación por bombeo

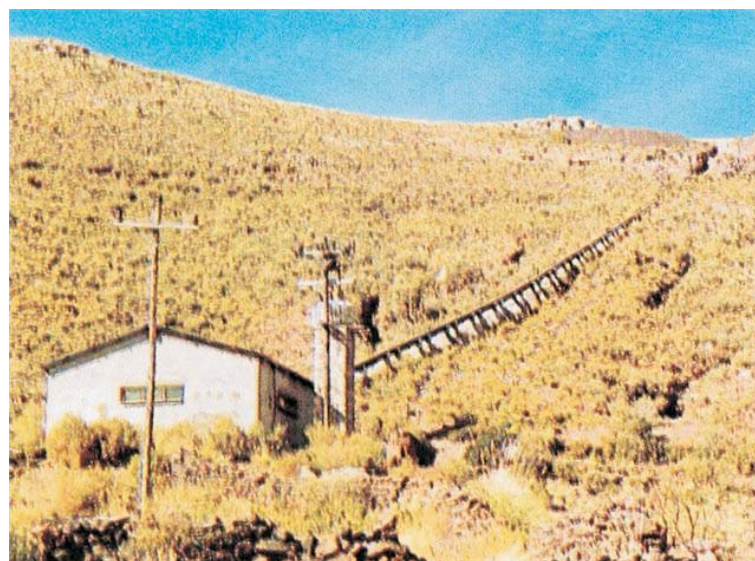
- u Mediante una *central hidroeléctrica reversible* solamente se genera energía en horas punta. Así, en horas en la que se necesita mucha energía (18:00-22:00 h), se deja pasar el agua del embalse por el generador. Por tanto, el agua es captada en un segundo embalse.

Luego, en horas cuando se utiliza poca electricidad (24:00-5:00 h), se utiliza electricidad de otras centrales eléctricas para bombear el agua del segundo embalse nuevamente al primer embalse.

De esta manera, es posible cubrir la demanda por electricidad en horas pico, con menos centrales eléctricas, porque se puede usar electricidad que no se usa en las horas de poca demanda/consumo para luego generar electricidad en horas de alta demanda/consumo.



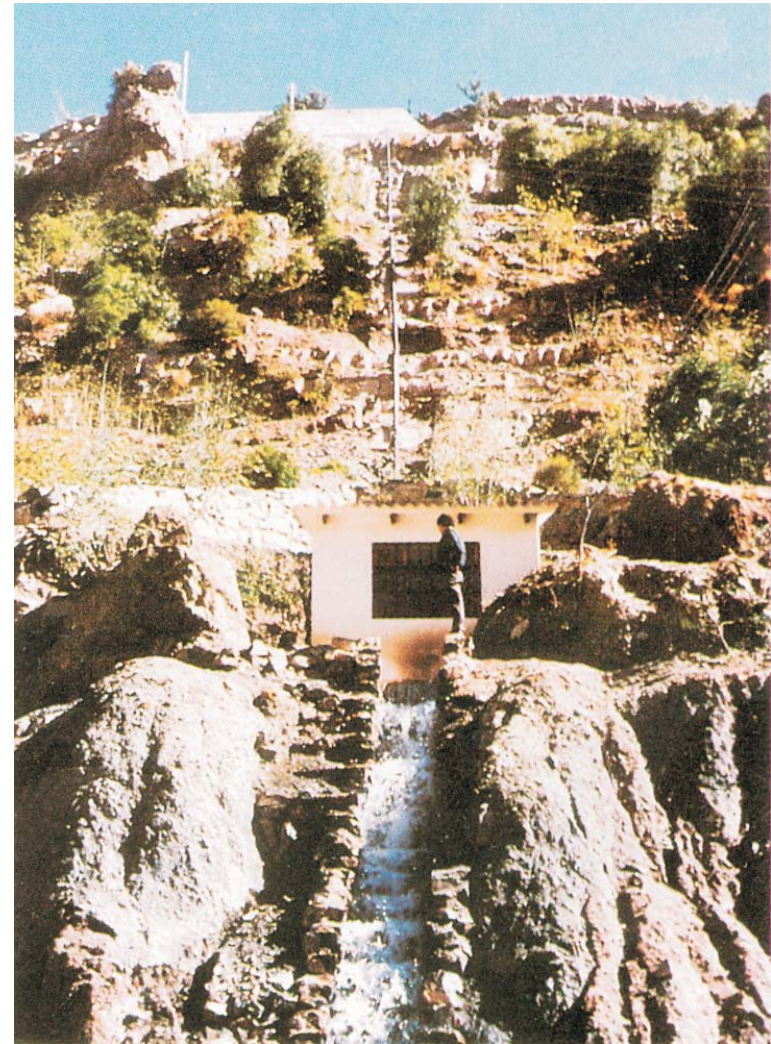
Desarenador de micro central hidroeléctrica (Epizana, Cochabamba).



Micro central hidroeléctrica (Condo, Oruro).

Ventajas de la energía hidráulica

- u Por el ciclo del agua, la energía hidráulica es inagotable
- u Centrales hidroeléctricas no emiten gases invernadero, no provocan lluvia ácida, ni producen emisiones tóxicas
- u Los costos de explotación son relativamente bajos
- u El almacenamiento del agua permite el suministro de agua para regadíos y actividades de recreo
- u Se disminuye el riesgo de inundaciones



PROPER

Micro central hidroeléctrica (Irupampa, Chuquisaca).

ENERGÍA GEOTÉRMICA

La temperatura de la tierra aumenta con la profundidad. Se puede utilizar la energía asociada a este fenómeno como una fuente de energía. Así, mediante la extracción y aprovechamiento del calor del interior de la tierra, se obtiene la energía geotérmica para:

- u Generación de electricidad
- u Aprovechamiento directo del calor
- u Calefacción
- u Refrigeración

Tipos de fuentes geotérmicas

En áreas de aguas termales muy calientes y a poca profundidad, existen fracturas naturales en las rocas.

El agua caliente o el vapor de agua pueden fluir naturalmente hacia la superficie. También es posible extraer el agua caliente mediante bombas. Otra alternativa para obtener el agua caliente es inyectar agua o vapor a las profundidades para expulsar agua aún más caliente.

¿Cómo funciona una central geotérmica?

Las rocas fundidas (magma) al interior de la Tierra son muy calientes, este calor se puede captar y convertirse en agua caliente o electricidad.

En la mayoría de los casos, la explotación de la energía geotérmica, se realiza mediante dos pozos (o un número par de pozos). Del primer pozo se obtiene el agua caliente y, del otro, se reinyecta el agua enfriada al yacimiento de rocas calientes.

Tipos de yacimientos geotérmicos, según la temperatura del agua

- u *La energía geotérmica de alta temperatura* (150-400°C) puede ser explotada en zonas activas de la corteza terrestre. En estas zonas, generalmente, también existen volcanes activos y se dan terremotos.

A temperaturas altas, se produce vapor y, mediante una turbina, se genera electricidad. Se explota un campo de estas características aplicando técnicas casi idénticas a las de la extracción petrolera.

- u Cuando se utiliza acuíferos a temperaturas menos elevadas, se trata de la *energía geotérmica de temperaturas medias* (70-150°C). Con temperaturas más bajas, no se puede generar la misma cantidad de electricidad con el mismo volumen de agua que en las centrales de energía geotérmica de alta temperatura.

Sin embargo, la energía geotérmica de temperaturas medias puede ser explotada por pequeñas centrales eléctricas y el mejor aprovechamiento es mediante

sistemas urbanos, que reparten el calor, por ejemplo, para calefacción.

- u *La energía geotérmica de temperaturas bajas* (50-70°C) es aprovechable en zonas más amplias que las anteriores, por ejemplo, en todas las cuencas sedimentarias.
- u *La energía geotérmica de muy baja temperatura* (20-50°C) es utilizada para necesidades domésticas, urbanas o agrícolas (calefacción).

Es importante mencionar, que la distinción entre los diferentes tipos de energías geotérmicas es arbitraria. Aunque, para producir electricidad con un rendimiento aceptable, la temperatura mínima debe estar entre 120-180°C, también es posible aprovechar fuentes con temperaturas más bajas, por ejemplo, para los sistemas de calefacción en viveros o domicilios.

Ventajas e Inconvenientes de la energía geotérmica

Ventajas

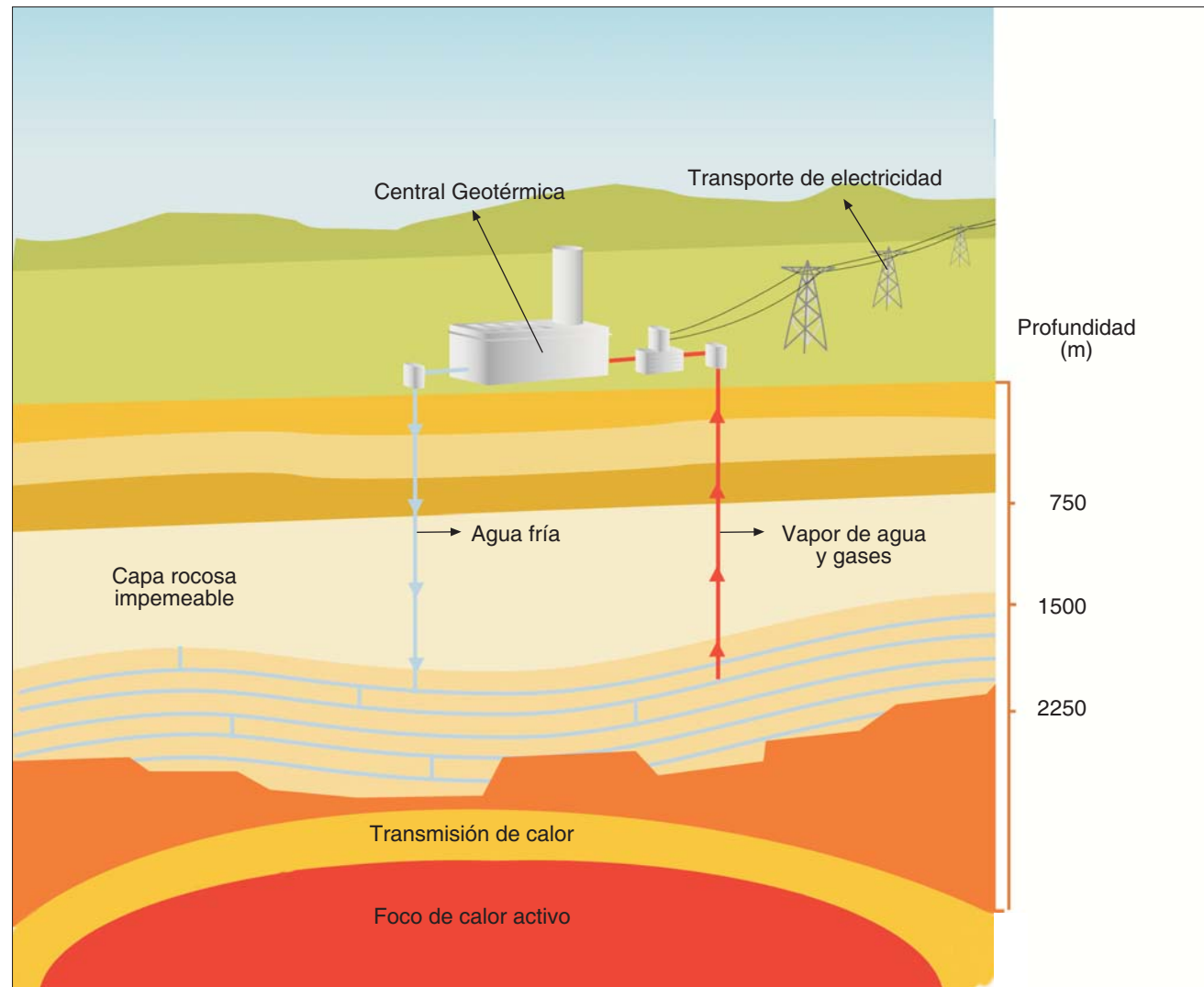
- u Por la alta cantidad de calor al interior de la Tierra, es imposible agotar esta fuente de energía
- u En países sin combustibles fósiles, la energía geotérmica disminuye la dependencia energética del exterior

- u Los residuos (principalmente aguas saladas) generados por la energía geotérmica son mínimos y ocasionan menor impacto ambiental que los residuos originados por los combustibles fósiles (petróleo, carbón o gas).

Inconvenientes

- u En ciertos casos existen emisiones de ácido sulfhídrico, que se detecta por su olor a huevo podrido y que, en grandes cantidades es letal
- u En ciertos casos existen emisión de CO₂, gas que causa el efecto invernadero
- u Es posible contaminar aguas próximas a las centrales geotérmicas con sustancias como arsénico, amoníaco, etc.
- u Existe la posibilidad de contaminación térmica en los ríos o lagos, que reciben agua que primero fue utilizada para enfriar los generadores y tubos de la central geotérmica
- u Como en todas las fuentes de energía, existe la posibilidad de un deterioro del paisaje.

SISTEMA DE ENERGÍA GEOTÉRMICA



Fuente: CEDSIP



Pozo con emanaciones de gases calientes, Laguna Colorada.

Fuente: LIDEMA

BIOMASA

La biomasa es la materia orgánica generada por procesos biológicos. Por ejemplo, los árboles crecen por la captación de energía del sol, mediante el proceso de la fotosíntesis. Otros seres vivos, por ejemplo un caracol, se alimentan de las hojas y también aumentan de tamaño. Luego, esta biomasa (vegetal o animal) puede ser quemada, generando calor, o se puede transformar la biomasa en gas natural, mediante la fermentación.

Como la fuente inicial de la biomasa es la energía del sol, captada mediante la fotosíntesis, la energía obtenida de la biomasa es renovable. Así, mientras que la quema de la biomasa es igual a la generación natural de la biomasa, utilizar esta energía significa reciclar el carbón y no añade CO₂ al planeta Tierra.

En contraste, la quema de los combustibles fósiles libera carbón que estaba encerrado en la corteza terrestre en los yacimientos de petróleo, gas o carbono. Al remover el combustible fósil y quemarlo, el carbón que contienen es introducido nuevamente a la atmósfera en forma de CO₂, contribuyendo significativamente al calentamiento global/efecto invernadero.

De todas las fuentes renovables de energía, la biomasa se diferencia porque almacena energía solar con relativa eficacia. La biomasa puede ser utilizada directamente (combustión de madera) o indirectamente, convirtiéndola

en un combustible líquido o gaseoso (etanol a partir de caña de azúcar o la generación de biogás mediante la fermentación de excrementos).

Utilización de la biomasa

Biocombustibles

La producción de biocombustibles, como el etanol y el biodiesel, tiene el potencial de sustituir combustibles fósiles (gasolina y diesel), actualmente usados por la industria y las movi­lidades. Además, se puede generar electricidad al quemar biocombustibles, generando vapor de agua y propulsionando un generador.

La producción de electricidad a partir de fuentes renovables de biomasa no contribuye al efecto invernadero, porque la cantidad de CO₂ liberado por la quema de la biomasa es igual a la cantidad de CO₂ absorbido por la biomasa durante su crecimiento. Sin embargo, en caso de que la cantidad de biomasa quemada sea mayor a la cantidad de biomasa generada por el crecimiento de las plantas, sí se estaría aumentando la cantidad de CO₂ en la atmósfera.

Calor y vapor

La combustión de la biomasa o del biogás puede generar: calor y vapor.

El calor puede ser usado directamente para calentar hogares o para la cocción de alimentos. Sin embargo, el calor también puede resultar como desecho durante la producción de electricidad. Para aprovechar este calor de desecho, en algunas centrales termo-eléctricas, el calor es captado y luego enviado mediante tuberías a hogares e industrias para la calefacción o para calentar agua.

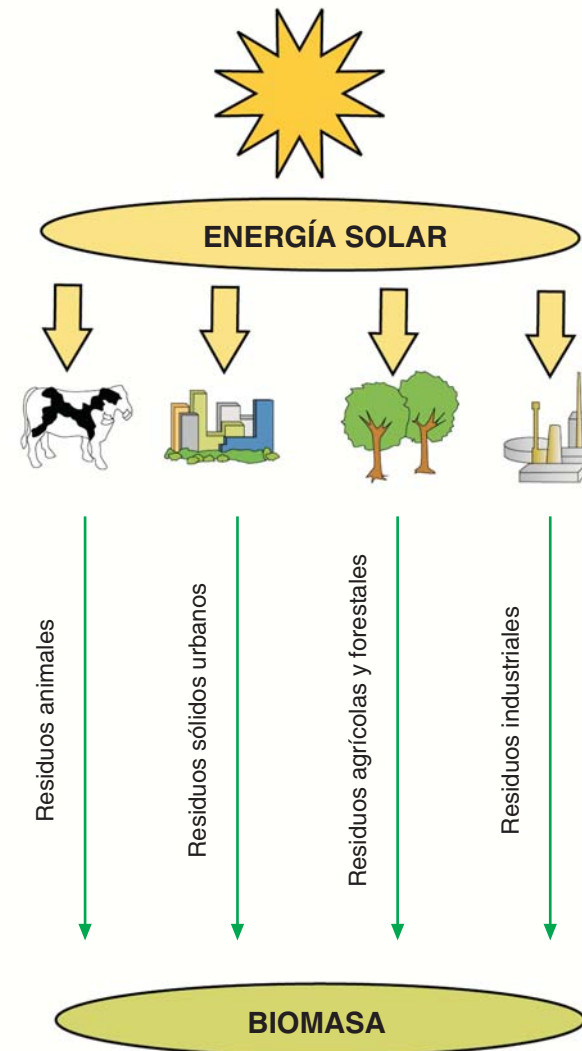
El vapor generado mediante la quema de la biomasa puede utilizarse para accionar generadores para la producción eléctrica.

Gas combustible

Los biogases producidos de la digestión o de la pirolisis anaerobia tienen muchas aplicaciones. Por ejemplo, estos gases pueden ser utilizados para la producción de electricidad o como combustible en vehículos modificados. De hecho, durante la segunda guerra mundial, países como Alemania, que no tenían suficiente cantidad de petróleo, comenzaron a cambiar vehículos para que funcionen a gas generado a partir de la quema de leña.

Actualmente existen esfuerzos para optimizar los procesos de transformar la biomasa a gas debido a la disponibilidad de importantes cantidades de desechos agrícolas y de la silvicultura. Estos gases luego serán usados para la generación de electricidad.

GENERACIÓN DE BIOMASA



Ventajas de la biomasa

- u La biomasa es una fuente renovable de energía y su uso racional no contribuye al calentamiento global.
- u La biomasa contiene cantidades insignificantes de azufre y, por lo tanto, no contribuyen a las emisiones de dióxido de azufre, que causan la lluvia ácida.
- u La combustión de la biomasa produce generalmente menos ceniza que la del carbón. La ceniza producida se puede utilizar como complemento del suelo en granjas para reciclar nutrientes como fósforo y potasio.
- u La producción de energía, mediante la conversión de residuos agrícolas, de la silvicultura y la basura orgánica municipal, es un uso eficaz de los residuos, que reduce el problema de la disposición de los desechos sólidos municipales.

Restricciones en el uso de la biomasa

La biomasa tiene relativamente baja densidad de energía y su transporte aumenta los costos. Además, la combustión incompleta de la leña produce partículas de materia orgánica, monóxido de carbono y otros gases.

En una escala doméstica, especialmente en países en vías de desarrollo, la contaminación atmosférica dentro de edificios y su impacto negativo sobre la salud es considerable.

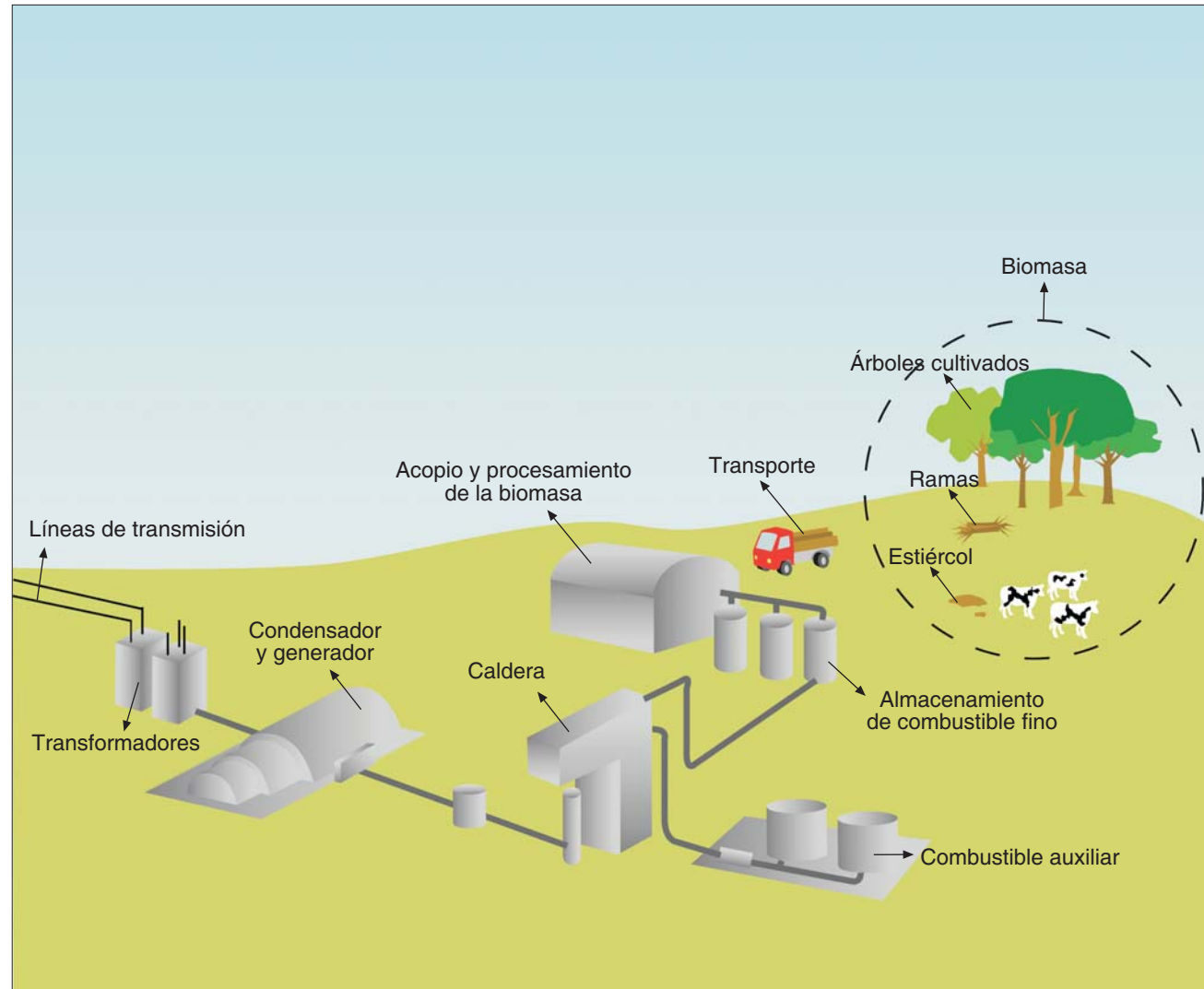
Principalmente las mujeres y niños sufren de enfermedades respiratorias por la quema de leña en fuegos abiertos para cocinar los alimentos. Sin embargo, ya existen esfuerzos para dotar a la población rural de cocinas eficientes, con el fin de reducir la cantidad de leña que se necesita para preparar los alimentos y para reducir la contaminación atmosférica dentro de las viviendas.

Otra limitante para el uso de la biomasa es la cantidad de leña que se necesita. En muchos lugares, esto ha llevado a la sobre explotación de bosques y a la escasez localizada de leña, causando impactos sociales, ecológicos y económicos negativos.

Por otro lado, se debe mencionar como una limitante para el uso de la biomasa, que esta tecnología todavía no es tan eficiente como otras formas de uso de energía. Por ejemplo, para la producción de electricidad existe una fuerte competencia de las nuevas plantas que usan gas natural, que son altamente eficientes.

Existe una preocupación de por que las tierras que fueron usadas para producir alimentos, actualmente se utilizan para producir biocombustibles. Estudios realizados muestran que el cambio en el uso de las tierras, está causando escasez de alimentos a precios razonables, especialmente para la población de bajos recursos.

CENTRAL ELÉCTRICA A BASE DE BIOMASA



Fuente: CEDSIP

ENERGÍAS RENOVABLES EN BOLIVIA

El desarrollo de la electrificación rural en Bolivia, está íntimamente ligado a los avances de las energías renovables, si hasta el año 1992 se alcanzó una cobertura de solamente el 12%, fue principalmente por que la principal fuente utilizada era la extensión de la red.

Con la implementación del Programa Nacional de Electrificación Rural y el Plan Bolivia de Electrificación rural se han introducido nuevas tecnologías (Orellana, R.J. y M.E., Morales, 2007).

Energía solar

Las dos terceras partes del territorio de Bolivia, cuya posición latitudinal está entre los paralelos 9°,40°S y 22°, 53°S; se encuentra en la franja de mayor radiación solar.

Esta situación, sus condiciones climatológicas y altitudinales, hacen que cuente con uno de los niveles de intensidad solar más elevados del continente.

El sol es la mejor fuente de accesibilidad energética para la tan dispersa población rural. Su aplicaciones son variadas, desde simples calentadores, tipo bolsa de plástico hasta sofisticados paneles fotovoltaicos.

Los primeros proyectos de aplicación de energía solar fotovoltaica se dan al inicio de los años 90s, en zonas aledañas al Lago Titicaca en el Departamento de La Paz.

Hasta la primera mitad de los años 90s, se llegaron instalar en el país aproximadamente 5 000 sistemas fotovoltaicos,

destinados principalmente a las telecomunicaciones y la electrificación de viviendas rurales. En la segunda mitad de esta década, se produjo el primer salto cuantitativo, la instalación de más de 5 000 sistemas en el Departamento de Santa Cruz.

Con el inicio del nuevo siglo, la instalación de sistemas fotovoltaicos, alcanza uno de los puntos más altos, en cuanto a instalaciones, más de 2 000 sistemas por año, que incorpora además la tecnología en la infraestructura social, escuelas y puestos de salud.

Si se desea medir el desarrollo de la energía solar fotovoltaica en Bolivia en cifras, se puede afirmar que a la fecha se instalaron en el país más de 1 000 kW (aproximadamente 25 mil sistemas).

Energía hídrica

Según Orellana, 2007 la hidroenergía ha sido utilizada en Bolivia desde la época colonial, especialmente, en su forma de conversión en energía mecánica para el accionamiento de molinos de grano.

A principios del siglo pasado, se implementaron los primeros proyectos de generación de electricidad y fueron básicamente proyectos de micro centrales hidroeléctricas (MCHs) las que trajeron electricidad a Bolivia.

En los últimos 10 años, se han implementado pequeñas centrales hidroeléctricas, para satisfacer requerimientos mínimos de energía eléctrica para consumo domiciliario y

principalmente para usos productivos, compatibles con el medio ambiente, en la reducción de gases de efecto invernadero.

En el Departamento de La Paz (Yungas), se ha construido un veintena de MCHs, con potencias que varían de 5 a 120 kW, beneficiando a más de 3 000 familias.

En la región Central del Departamento de Cochabamba, la reconstrucción y optimización de las MCHs de Chapisirca y Epizana, ambas de 100 kW.

En las localidades de San Jose de Llojeta, Challa, Jauria, San Juran de Coripata y Santiago 7 Lomas, se han construido 4 MCHs, que beneficia a más de 500 familias.

La región de mayor concentración del recurso hidropotencial en el país se encuentra en la vertiente Este, de la Cordillera Oriental.

En la zona altiplánica, se localiza el potencial del Lago Titicaca y del Río Desaguadero.

Los ríos de llanura en los departamentos de Santa Cruz, Beni y Pando por la magnitud de sus caudales, constituyen un recurso potencial para la realización de estudios para centrales de paso (Montes de Oca, 2005).

Energía geotérmica

En el sector occidental del país, principalmente en la región de Sud Lipez existe una gran cantidad de aguas termales calientes. Esta zona es la menos poblada de Bolivia, no

existiendo ninguna posibilidad real de aprovechamiento a corto plazo de estos recursos como fuente de energía.

En 44 lugares se encontró evidencia reales de una intensa actividad geotérmica con fuertes indicios de emisión de vapor a partir de las aguas subterráneas calientes.

Las áreas de interés geotérmico se agrupan en tres zonas: Sajama, Valle del Río Empexa y Lagunas del Sur.

Zona Sajama: es un importante volcán, con vestigios de actividad fumarólica fósil que no presenta puntos termales activos, al oeste los nevados Payachata, tienen una amplia zona de actividad solfatárica reciente.

Entre ambos volcanes existen numerosos manantiales termales con temperaturas de 44 y 95°C, e importantes caudales de agua, además de la emisión de pequeñas cantidades de gas. La zona del Sajama ofrece interesantes perspectivas geotérmicas.

Valle del Río Empexa: la región del valle del Río Empexa, es una de las más promisorias de la Cordillera Occidental, ya que está rodeada de volcanes activos. El tipo diferenciado de magmas expulsados en una época muy reciente y la presencia de numerosas manifestaciones termales, señala que la zona es sede de una importante anomalía térmica.

El manantial Towa y las emanaciones de vapor de la mina Concepción, están evidentemente relacionadas con un acuífero en ebullición, calentado por fluidos calientes de una reserva geotérmica.

Lagunas del Sur: en general todas las manifestaciones geotérmicas en el área de Sud Lípez, están asociadas a fracturas o zonas de fallas en calderas o en las ignimbritas.

Parece existir una amplia zona de circulación de fluidos calientes en el sub suelo, que logran salir sólo cuando una fractura corta la cobertura impermeable. Esta zona de concentración de agua caliente, que podría equipararse a un gran acuífero confinado en las fisuras de las rocas ígneas, debe tener centenares de kilómetros cuadrados.

Energía eólica

El régimen de vientos en Bolivia, no es lo suficientemente fuerte, para garantizar futuras investigaciones, en base a los datos suministrados por los aeropuertos. Esta información pueda que no sean un reflejo exacto del régimen de vientos, que se tendría en ciertas localidades.

En base a los datos obtenidos, las áreas que podrían ser estudiadas con mayor detalle son:

- u Santa Cruz, con 10,4 nudos
- u Concepción, con 7,5 nudos
- u Trinidad, con 7,0 nudos
- u Chaco, con 9,2 nudos

La falta de continuidad del viento, es un factor que afecta negativamente el uso de energía eólica.

Tanto los generadores eléctricos a viento como los molinos de viento para bombeo de agua, necesitan vientos de altas velocidades; por tanto, resultaría difícil encontrar un generador a viento que haya sido diseñado para operar a una velocidad

menor de 12 - 44 nudos. La mayoría de las máquinas alcanzarían su máxima capacidad por encima de los 20 nudos.

Con relación a los molinos de viento, se sabe que estos son más económicos que otras bombas a diesel o eléctricas en áreas en las cuales la velocidad media del viento exceda los 8 nudos (14,5 k/h) y la única región en Bolivia que alcanza este promedio de velocidad de viento es el Departamento de Santa Cruz.

Uso de biomasa con fines energéticos

Según Montes de Oca, 2005 el 90% de la población rural de Bolivia, depende de la biomasa como energético para combustión, cocción de alimentos, producción de carbón vegetal y para la producción de la industria manufacturera como ladrilleras, panificadoras y otras.

En la parte occidental del país, los recursos más utilizados para la generación de energía son la queñua, thola y yareta.

Actualmente se cuenta con algunas experiencias en desarrollo de prácticas alternativas, como el uso de cocinas de bajo consumo energético y otras técnicas de ahorro y conservación de energía, éstas no han sido suficientemente fomentadas y la demanda energética sigue siendo una de las amenazas, más críticas para la biodiversidad.

La leña es el combustible de mayor preferencia en los sectores domésticos, debido a que no requiere una infraestructura compleja y costosa para su conversión en calor,

siendo aún la fuente de energía más barata al alcance de las poblaciones rurales y urbanas pobres, pero debido a que este proceso disminuye y se hace cada vez más escaso y costoso, o que simplemente ya no existe, las poblaciones rurales recurren, en muchos casos a la quema de estiércoles y de desechos vegetales, que podrían merecer un uso más productivo en su retorno al suelo, mejorando la capacidad nutriente de este, su estructura y capacidad de retención de humedad.

Se estima que el uso de la leña alcanza a 1500 000 t métricas por año. El Departamento de Santa Cruz es el mayor usuario con un 28% de total, seguido de Cochabamba con el 15%.

El Altiplano y el Departamento de Tarija son las únicas regiones en Bolivia donde el equilibrio es crítico, entre el abastecimiento y la demanda de leña.

Los valles disponen de un base de recursos más abundantes debido a su clima templado, amplia gama de actividades agrícolas y a la disponibilidad de productos de gas y petróleo.

El campesino del área rural no tiene problemas de abastecimiento de leña en los valles, aunque el valle de Tarija enfrenta una dramática deforestación.

Los departamentos de Santa Cruz, Beni y Pando que forman los llanos, disponen de mayor abastecimiento de leña per cápita en Bolivia.

BIBLIOGRAFÍA

Canedo, W. 2005. Electrificación Rural con Energías Renovables. Proyecto Bol/97/G31. Revista Electromundo No. 46. La Paz, Bolivia.

Montes de Oca, I. 2005. Enciclopedia Geográfica de Bolivia. Editora Atenea S.R.L. La Paz, Bolivia.

Programa para la Difusión de Energías Renovables. 2 006. Energía Solar Eólica. Cochabamba, Bolivia.

Programa para la Difusión de Energías Renovables. 2006. Energía Hidráulica. Cochabamba, Bolivia.

Orellana, R.J., M.E. Morales. 2007. Energías Renovables y Alivio de la pobreza en Bolivia. Fundación Bariloche.



LIDEMA

Pozo con emanaciones de gases calientes, Laguna Colorada.